SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1902

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1902

DEUXIÈME VOLUME

PARIS
HOTEL DE LA SOCIÉTÉ
19, RUE BLANCHE, 19

1902

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JUILLET 1902

N° 7

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de juillet 1902, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

Ministère de l'Agriculture. Bulletin (Annexe). Direction de l'Hydraulique agricole. Documents officiels. Statistique. Rapports. Fascicule 27 (in-8°, 280 × 185 de 270 p. avec 3 pl.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 41972

Ronna (A.). — *La Sicile et le congrès de Palerme*, par A. Ronna. (Extrait du Journal d'agriculture pratique, 22 mai et 5 juin 1902) (in-8°, 265 × 190 de 8 p.). Paris, Librairie agricole de la Maison rustique (Don de l'auteur, M. de la S.). 41965

Astronomie et Météorologie.

Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages. N° 9. Tokyo, 1902 (in-8°, 260 × 180 de 60 p. avec pl.). 41970

Chemins de fer et Tramways.

A propos des essais comparatifs officiels effectués en Autriche pendant l'année 1901 entre les freins Westinghouse, Westinghouse Henry, Schleifer et le frein à vide automatique Clayton à action rapide (Compagnie du frein à vide, 15, rue Portalis à Paris) (in-8°, 230 × 150 de 16 p. avec 4 pl.). Vienne, Hans Moessner, und Son, 1900 (Don de M. Walter Strapp, M. de la S.). 41991

MALLET (A.). — *Le vingt-cinquième anniversaire de la locomotive compound 1877-1902*, par A. Mallet (une brochure 175 × 110 de 4 p. avec 2 fig.). Paris, L. Courtier, 2 juin 1902. (Don de l'auteur, M. de la S.) 41977

MALLET (A.). — *Zun 25 Jahrigen Jubilaüm der Verband Lokomotive 1877-1902*, von A. Mallet (une brochure 175 × 110 de 4 p. avec 2 fig.). Paris, L. Courtier, 2 juin 1902 (Don de l'auteur, M. de la S.). 41986

MALLET (A.). — *Twenty-fifth Anniversary of the Compound-Locomotive, 1877-1902*, by A. Mallet (une brochure 175 × 110 de 4 p. avec 2 fig.). Paris, L. Courtier, 2nd June, 1902 (Don de l'auteur, M. de la S.). 41987

MONMERQUÉ (A.). — *Traction électrique urbaine et suburbaine.* Note pour servir de base à la discussion, par A. Monmerqué. (Association Française pour l'avancement des sciences. Congrès de Montauban 7-14 août 1902) (in-8° 230 × 150 de 36 p.). Paris, au secrétariat de l'Association, 1902. 41999

Chimie.

MOISSAN (H.) et DUPONT (F.). — *IVe Congrès international de chimie appliquée tenu à Paris du 23 au 28 juillet 1900. Compte rendu in extenso*, par M. Henri Moissan et M. François Dupont. (Exposition universelle internationale de 1900) (3 vol. in-8°, 255 × 165). Paris, au siège de l'Association des chimistes. 1902. (Don de M. F. Dupont, Secrétaire général du Congrès). 41993 à 41995

Construction des Machines.

La Mécanique à l'Exposition de 1900. 10e livraison. Treizième livraison dans l'ordre d'apparition. Les Machines-outils, par M. G. Richard (in-4°, 320 × 225 de 283 p. avec 780 fig.). Paris, Ve Ch. Dunod, avril 1902 (Don de l'éditeur.) 41968

La Mécanique à l'Exposition de 1900, 13e livraison. Quatorzième livraison dans l'ordre d'apparition. Les Machines frigorifiques, par M. G. Richard (in-4°, 320 × 225 de 40 p. avec 63 fig.). Paris, Ve Ch. Dunod, mai 1902 (Don de l'éditeur). 41973

SINIGAGLIA (F.). — *Associazione fra gli Utenti di caldaie a vapore nelle Provincie Napolitane. Rapporto dell' Ingegnere direttore Cav. Francesco Sinigaglia al Consiglio direttivo. Esercizio 1901* (Estratto dal Rapporto annuale del Consiglio Direttivo (in-8°, 230 × 155 de 20 p.). Napoli, Tipografia commerciale, 1902 (Don de l'auteur). 41990

Économie politique et sociale.

CACHEUX (E.). — *Insalubrité des petits logements dans les villes anciennes. Marche à suivre pour remédier à ces effets*, par Émile Cacheux (VI. Internationaler Wohnungskongress, Dusseldorf, 15-19 juin 1902) (in-8°, 235 × 155 de 5 p.). (Don de l'auteur, M. de la S.) 41997

CACHEUX (E.). — *Intervention des pouvoirs publics et corporations en France.* par Émile Cacheux (VI. Internationaler Wohnungskongress, Dusseldorf, 15-19 juin 1902) (in-8°, 235 × 155 de 6 p.). (Don de l'auteur, M. de la S.). 41998

Chambre de commerce de Dunkerque. Statistique maritime et commerciale du port et de la circonscription consulaire. 1901 (in-8°, 255 × 165 de 177 p.). Dunkerque, Imprimerie dunkerkoise, 1902. 41981

Chambre de commerce de Rouen. — Compte rendu des travaux pendant l'année 1901 (in-4°, 250 × 195 de 424 p.). Rouen, Imprimerie du Nouvelliste, 1902. 41985

Compagnie générale des voitures à Paris. Assemblée générale ordinaire du 28 avril 1902. Rapports du Conseil d'administration. Bilan. Tableaux comparatifs des divers services de la Compagnie pendant les deux derniers exercices, (in-4°, 310 × 240 de 48 p.). Paris, Maulde, Doumenc et Cie, 1902. 42001

Office national du commerce extérieur. Exercice 1901. Extrait des Rapports présentés au Conseil d'administration par le Comité de direction. Pièces annexes. Loi, conventions et décrets relatifs à l'Office national du commerce extérieur. Liste des Conseillers du commerce extérieur de la France (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes) (in-8°, 240 × 160 de 116 p.). Paris, Paul Dupont. 42002

Géologie et Sciences naturelles diverses.

LASNE (H.). — *L'origine des phosphates de chaux de la Somme*, par H. Lasne (in-8°, 280 × 175 de 104 p. avec 14 pl.). Paris, E. Bernard et Cie, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 41974

Législation.

Annuaire de la Société amicale des anciens Elèves de l'École des Mines de Saint-Étienne. 1902 (in-16, 155 × 110 de 280 p.). Saint-Etienne. J. Thomas et Cie, 1902. 41971

Bonnet (J.). — *Étude sur la législation allemande sur les brevets d'invention*, par J. Bonnet (in-8°, 255 × 165 de VIII-580 p.). Paris, A. Chevalier-Marescq et Cie; Ch. Thirion et J. Bonnet (Don de M. J. Bonnet, M. de la S.). 41992

Boston Society of Civil Engineers. Constitution and By-Laws and List of Members. June 1902. (in-8°, 230 × 150 de 52 p.). Boston, Alfred Budge and Son, 1902. 41978

Lista czlonków Stewaryysnia Techników w Warszawie Maj 1902 roku (Dodatek do Przegladu Technicznego) (in-4°, 265 × 205 de 40 p.). Warszawa, 1902. 41964

Métallurgie et Mines.

Rosambert (Ch.). — *De l'influence des cendres et de l'humidité sur la valeur métallurgique des cokes de hauts fourneaux*, par Ch. Rosambert (Extrait du Bulletin de la Société de l'Industrie minérale. 4e série. Tome I. 2e livraison 1902) (in-8°, 225 × 140 de 22 p.). Saint-Étienne, J. Thomas et Cie, 1902 (Don de l'auteur, M. de la S.). 41969

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Serrazanetti (G.). — *Le difese idrauliche. Norme pratiche per l'applicazione del suo sistema privilegiato.* Seconda edizione riveduta e corretta dall'autore (in-8°, 220 × 130 de 195 p. avec 29 fig.). Bologna, 1902. (Don de M. H. Le Soudier.) 41967

Sciences mathématiques.

Simonot (E.). — *Les méthodes d'essai des pièces d'acier*, par M. Ernest Simonot (Extrait du Mémorial du Génie maritime. 3e série. Fascicule III.) (in-8°, 280 × 190 de 19 p.). Paris, R. Chapelot et Cie, avril 1902 (Don de l'auteur). 41966

Technologie générale.

VIIe Congrès international des Associations de presse tenu à Paris du 30 juillet au 10 août 1900. Procès-verbaux sommaires, par M. Victor Taunay (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 280 × 180 de 91 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don de M. le Ministre du Commerce). 41984

IXe Congresso degli Ingegneri e degli Architetti Italiani in Bologna. Vol. I. Atti del Congresso e dell'Esposizione. Vol. II. Temi, Relazioni e Memorie (2 vol. in-8°, 270 × 185 de LXXVI-154 p. et de 291 p. avec 9 pl.). Bologna, Regio tipografico, 1901 (Don de M. H. Chevalier, M. de la S.). 41979 et 41980

Répertoire général des fournisseurs de l'armée, de la marine et des travaux publics. Publication annuelle, 1902. L'année technique du Répertoire général 1901-1902 (in-8°, 270 × 180 de VII-643 p.). Paris, Librairie de Publications officielles. 41996

The Journal of the Iron and Steel Institute. General Index. Vols. XXXVI to LVIII, 1890-1900. Together with a History of the development of the Iron and Steel Institute. Illustrated by Portraits of Past-Presidents. Edited by Bennett H. Brough (in-8°, 220 × 140 de 512 p.). London, E. and F.-N. Spon, 1902. 42003

VIGREUX (CH.), MILANDRE (CH.), BUQUET (R.-P.). — *Notes et Formules de l'Ingénieur et du Constructeur Mécanicien. Mathématiques. Mécanique, Électricité, Chemins de fer, Mines, Métallurgie, etc.*, par un Comité d'Ingénieurs, sous la direction de Ch. Vigreux, Ch. Milandre, R.-P. Buquet, 13e édition revue, corrigée et considérablement augmentée, contenant 1 300 figures, suivie d'un Vocabulaire technique français, anglais, allemand (in-16, 180 × 115 de XVI-1 752 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1902. (Don des éditeurs). 41989

Travaux publics.

Association internationale pour l'essai des matériaux. Procès-verbal du Congrès de Budapest 9-14 septembre 1901 (in-4°, 310 × 235 de 62 p.). (Ouvrage en allemand et en français.) 42000

Bétons armés système Hennebique. Relevé des travaux exécutés. Année 1901 (in-4°, 275 × 215 de 100 p.). Paris, 1, rue Danton. 41982

Comité de conservation des monuments de l'art arabe. Exercice 1901. Fascicule dix-huitième. Procès-verbaux des séances. Rapports de la section technique, suivis d'un appendice (avec 5 planches), par M. Max Herz Bey (in-8°, 240 × 155 de III-177 p.). Le Caire, Imprimerie de l'Institut français d'archéologie orientale, 1901. 41988

KERN (E.). — *Le traitement des ordures ménagères*, par M. E. Kern (Extrait de la Revue d'Hygiène, avril 1902) (Société de Médecine publique et de Génie sanitaire) (in-8°, 215 × 140 de 28 p.). Paris, Masson et Cie, 1902 (Don de l'auteur, M. de la S.) 41983

Voies et Moyens de communication et de transport.

PÉRISSÉ (L.). TURGAN (L.). — *Automobiles sur route. Voitures et tracteurs publics pour la ville et la campagne. Concours du prix Giffard 1899 prorogé en 1902.* Manuscrits de MM. L. Périssé et L. Turgan (2 vol. 310 × 210 de 153 p. et de 131 p.). Paris, 31 décembre 1901. 41975, 41976

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de juillet 1902 sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

J.-H. Capeyron,	présenté par MM.	Saint-Cric, Cothias, Pilleaud.
F. Chavanon,	—	Deschamps, Lencauchez, Sartiaux.
F.-L. Corvée,	—	Canet, Charvet, Bouvard.
C. Doynel,	—	Salomon, Agote. Durand.
L.-F. Fronton,	—	Salomon, Agote, Durand.
V.-A. Godinet,	—	Salomon, Cornuault, Couriot.
G.-F. Imbault,	—	Loreau, Arnodin, Fauconnier.
L.-E.-E. Labarre,	—	Salomon, Biard, Tordeux.
G. Le Roux,	—	Salomon, Agote, Durand.
L.-Ch.-M. Pelletier,	—	Salomon, Flaman, Tordeux.
J. Reiss,	—	Bonnaud, de Nansouty, L. Lévy.
E.-P. Ribal,	—	Bouvier, Cornier, Nicolet.
J. Zuber,	—	Blanchet, Iung, Risler.

Comme Membres Associés MM. :

G.-T. Bouton,	présenté par MM.	Bassée, de Dion, Michel.
R. Hébert,	—	Auscher, Bureaux, Grouvelle.
E.-A. Langlois,	—	Lavergne, Dorado, Straw.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUILLET 1902

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 4 JUILLET 1902

Présidence de M. L. SALOMON, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer les décès de :

M. Solignac, Louis, ancien Directeur de la Compagnie de la Chaudière mixte, ancien Directeur des Lampes homogènes françaises, ancien président de la Société amicale des Ingénieurs électriciens, Membre de la Société depuis 1897;

M. Chavanne, Antoine, ancien Ingénieur de la Grande Forge du Creusot, ancien Ingénieur-Directeur des Forges et Fonderies de Messempré, Membre de la Société depuis 1884;

M. Guigon-Bey, ancien élève de l'École nationale des Arts et Métiers d'Aix (1859-1861), Chevalier de la Légion d'honneur, Directeur honoraire et fondateur de l'enseignement des Arts et Métiers en Égypte, en retraite, Membre de la Société depuis 1879;

M. Verdierre, Louis, ancien chef de service des Magasins des Chemins de fer du Nord de l'Espagne, Membre de la Société depuis 1883.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de condoléances de la Société.

M. LE PRÉSIDENT est heureux d'annoncer à la Société les décorations et nominations suivantes; sont nommés :

Chevalier de la Légion d'honneur, M. S. Colle;

Commandeur de l'ordre du Medjidieh, M. R. Abt;

Chevalier de l'ordre de François-Joseph, M. J. G. Hardy.

M. A. Egrot a été nommé Membre du Conseil supérieur de l'Agriculture.

L'Académie Française a décerné le Prix Juteau-Duvigneaux, à M. E. Horn, pour son étude sur Sainte-Élisabeth-de-Hongrie.

M. le Président adresse les félicitations de la Société à ses Collègues.

M. Le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance; cette liste sera insérée dans un prochain *Bulletin.*

Une Exposition internationale des Applications industrielles de l'Alcool se tiendra à Lima (Pérou) du 1er novembre au 1er décembre 1902. Les renseignements afférents à cette Exposition peuvent être pris auprès de M. A. Agulo, consul du Pérou, à Paris.

A l'occasion de la communication de M. J. Garçon sur la Bibliographie industrielle, faite à la séance du 6 juin, M. E. Sartiaux nous fait connaître que l'Association Amicale des Ingénieurs Électriciens a fondé un office qui remplit le but indiqué par M. Garçon pour les industries électriques et celles qui s'y rattachent.

M. Sartiaux ajoute que cette organisation lui paraît appelée à rendre de réels services à l'industrie française et qu'elle publie régulièrement, depuis le 1er mai 1902, un Bulletin mensuel.

M. A. Gouvy a la parole pour une communication sur la *Métallurgie du fer et de l'acier à l'Exposition de Dusseldorf, 1902.*

M. Alexandre Gouvy fait observer tout d'abord que s'il a été en mesure de présenter dès maintenant à la Société des Ingénieurs civils une étude relativement détaillée de la métallurgie du fer et de l'acier à l'exposition de Dusseldorf, c'est que, chose rare, cette exposition était pour ainsi dire complètement prête lors de l'inauguration qui a eu lieu le 1er mai dernier; il pense que cette communication, faite en temps utile, permettra à un certain nombre de nos Collègues d'en utiliser les indications, lors des visites qu'ils désireraient faire à cette manifestation vraiment imposante de l'art de l'Ingénieur.

M. Gouvy a trouvé à l'exposition de Dusseldorf un champ d'études beaucoup plus vaste qu'il n'avait pu le supposer lors de sa communication sommaire du 7 février dernier, et il remercie la Société des Ingénieurs civils d'avoir bien voulu lui faire l'honneur de le charger de cette mission. Il a réuni, au cours de cette première étude, de nombreux documents relatifs aux installations les plus nouvelles adoptées par les grandes usines métallurgiques de la région, dont quelques-unes ont déjà été visitées par lui, et il se propose de continuer cette étude de la sidérurgie rhéno-westphalienne dont le développement a été si extraordinaire pendant les trente dernières années. Ces documents présentant un intérêt surtout pratique, leur discussion nous entrainerait hors du cadre que nous nous sommes tracé aujourd'hui; aussi devront-ils faire l'objet d'une communication ultérieure qui trouvera dans l'exposé, actuellement présenté à la Société, un complément utile, voire même indispensable.

M. Gouvy examine tout d'abord les fours à coke figurant à l'exposi-

tion, soit en grandeur naturelle, soit en modèles à échelle réduite; il cite les machines à fabriquer les briquettes, au point de vue de leur utilisation pour l'emploi de minerais menus et de résidus de pyrites.

Suivant ensuite l'ordre technique des procédés métallurgiques, M. Gouvy mentionne les hauts fourneaux représentés par des modèles ou des dessins et photographies, les accessoires des hauts fourneaux, tels que porte-vents, appareils de chargement et de prise de gaz, machine à bourrer les trous de coulée, épurateurs de gaz, appareils à air chaud; il insiste sur l'importance du refroidissement de l'eau pour l'épuration des gaz de hauts fourneaux et sur l'utilisation de plus en plus grande de ces gaz. Un grand nombre de moteurs à gaz de haut fourneau sont représentés en fonctionnement à l'exposition; ce sont, entre autres, un moteur à quatre temps, de 1 000 *ch*, actionnant une soufflerie à deux cylindres, deux machines soufflantes, de 600 *ch* environ, actionnées, l'une par un moteur Kœrting, l'autre par un moteur Oechelhauser, un moteur Kœrting, de 700 *ch*, actionnant un laminoir à rails, enfin un moteur L. Soest de 300 *ch*; toutes ces machines sont desservies par des gazogènes spéciaux, de constructions variées.

L'emploi des produits secondaires de la fabrication de la fonte est caractérisé par les ciments de laitier et la pierre artificielle.

Les moulages en fonte, de plus en plus délaissés pour toute une catégorie de pièces mécaniques, font place aux moulages en acier dont la collection est des plus riches et des plus intéressantes; pour certains produits de faible dimension, de nouveaux métaux, analogues au « fer mitis » et fabriqués au creuset en qualités et duretés variables, depuis l'acier le plus dur jusqu'au fer doux, paraissent jouir d'une certaine faveur.

M. Gouvy donne des exemples de moulages en acier de grande dimension figurant à l'exposition (étambots, cylindres de presse, cages de laminoirs et pignons, etc.) et mentionne quelques appareils spéciaux pour aciéries, notamment les ponts-roulants électriques à mouvements rapides et dociles, remplaçant peu à peu les grues fixes et les appareils à vapeur et hydrauliques, les chariots de coulée et les chargeurs de fours Martin, actionnés électriquement.

Dans la catégorie des pièces de forge, presses et pilons, l'exposition présente de même de très beaux échantillons; il y a, notamment, des arbres coudés et des arbres de couche, en acier au nickel, remarquables; celui exposé par la maison Krupp mesure 45 *m* de longueur et pèse 52 000 *kg*; il a été perforé au tour et le noyau de 120 *mm* de diamètre est de même exposé; un arbre de 32 *m* de longueur est exposé par les aciéries de Bochum. La maison Breuer-Schumacher a installé d'autre part, dans la halle des machines, une presse à forger de 10 000 *t*, les pièces les plus lourdes étant toutefois en bois par suite des limites imposées par les ponts-roulants qui ont servi au montage.

La collection des plaques de blindage Krupp, dont l'une pèse 106 000 *kg*, présente un grand intérêt par la présence de plaques et coupoles en acier au nickel moulé puis trempé, sans aucun travail de laminage ni de presse, et essayées au tir; cette fabrication, supprimant des installations et des manipulations de transformation fort coûteuses, sera peut-être la

solution de l'avenir, tout comme les moulages d'acier remplacent déjà dans de nombreux cas le forgeage compliqué.

M. Gouvy passe ensuite en revue les produits laminés figurant dans les diverses expositions; une partie de ces produits dénote une puissance d'outillage énorme; il cite, entre autres, la tôle d'acier des usines Krupp mesurant 26,80 *m* × 3,65 *m* × 38,5 *mm* et pesant 29 500 *kg*, deux tôles de Hœrde pesant 9 800 et 8 150 *kg*, un rail de 76 *m*, pesant 3 116 *kg*, etc., etc.

Il y a encore des tôles grosses, moyennes et minces, et des fers laminés spéciaux de toutes qualités et de toutes dimensions pour les usages les plus divers, ainsi que des laminoirs servant à fabriquer ces produits; parmi ces derniers, il faut faire ressortir un train universel complètement installé avec tabliers releveurs et machine motrice des ateliers Bechem et Keetman, de Duisburg, et le double-duo, système Banning, employé surtout pour feuillards et petits fers profilés par un grand nombre d'usines.

Les expositions des usines fabriquant spécialement la grosse chaudronnerie, les tôles embouties de tous genres, celles des usines à tubes soudés et sans soudure, des corps creux (obus, etc.), des roues de wagons et de locomotives forgées, laminées et coulées, sont de même remarquables.

M. Gouvy signale spécialement des essais faits par une commission officielle sur des tôles de fer puddlé et corroyé et d'aciers Thomas et Martin, et qui ont été exposées dans diverses conditions, à l'air, aux gaz et, notamment, à l'eau de mer; les chiffres de perte de poids, de résistance, etc., variables suivant les cas, sont très instructifs.

Il étudie, enfin, plus sommairement les machines à travailler le métal à froid (scies, tours, raboteuses, meules, etc.), puis les appareils de transport pour minerais et cokes, tels que les wagons Talbot, les appareils Hunt et autres, construits par les Maisons Bleichert et Pohlig.

Une série de projections, établies d'après de nombreuses photographies, vient justifier l'intérêt que présente l'exposition de Dusseldorf pour tous les Ingénieurs, surtout au point de vue de la sidérurgie et des machines de tout genre qui s'y rattachent.

M. Dutreux, à propos des pièces en acier coulé, rappelle qu'à l'Exposition de 1900 la Société de Châtillon-Commentry avait déjà exposé des échantillons de ce genre qui avaient attiré l'attention des métallurgistes français et étrangers.

M. le Président remercie M. Gouvy d'avoir fait part à notre Société du résultat de ses visites à l'Exposition de Dusseldorf.

La Société sera très heureuse de l'entendre de nouveau à la rentrée, où il pourra exposer le complément de son étude d'ensemble sur l'industrie de la région Rhéno-Westphalienne.

M. A. Lavezzari a ensuite la parole pour sa communication sur une *Nouvelle Machine à composer, l'Électro-Typographe.*

M. A. Lavezzari commence par un rapide exposé des machines à composer; il montre qu'elles se bornent d'abord à rassembler, par le jeu

d'un clavier, des caractères du commerce contenus dans les canaux d'un magasin ; que plus tard apparaissent des machines dont le clavier rassemble, non plus des caractères, mais des matrices, et où un creuset fournit du métal fondu pour obtenir de chaque ligne de matrices un cliché d'un seul bloc ; qu'enfin une troisième classe de machines, toute récente, possède aussi un creuset, mais fond des caractères mobiles, et faisant du clavier un appareil séparé, emploie un nouvel organe, une bande de papier perforée, qui enregistre le texte et sert à guider le travail de la machine à fondre.

Il aborde ensuite la description de l'Électro-Typographe, des Hongrois Meray et Rozar ; il montre comment les inventeurs, accouplant leur machine à perforer avec une machine à écrire, en ont rendu la manipulation tellement simple, que tout dactylographe peut facilement devenir compositeur. Cet appareil n'emploie ni air comprimé, ni électricité, et peut fonctionner partout, moyennant une très petite force motrice.

Il passe ensuite à la machine à fondre, mais, vu l'heure avancée, ne peut qu'expliquer succinctement son fonctionnement sur les figures projetées au tableau : il montre notamment les organes mobiles, très légers pour éviter les ébranlements, qui présentent les matrices devant le trou de coulée, et qui sont choisis par le jeu d'un appareil combinateur, rappelant celui du télégraphe Baudot, et employant de faibles courants électriques, qui sont envoyés dans ses électro-aimants par le passage des trous de la bande dans un appareil lecteur. Ces organes mobiles, ou noix porte-matrices, correspondent chacun à une touche de la machine à écrire, et contiennent trois matrices.

Il indique ensuite comment se réalise la *justification* : la machine à écrire a calculé automatiquement la dimension qu'il faut donner aux espaces de la ligne, et a inscrit son résultat sur la bande. Celle-ci passant *en sens inverse* dans la machine à fondre, lui indique la dimension à laquelle il faudra fondre les espaces, et un organe spécial, par une dilatation ou un rétrécissement, réglera, pendant toute l'exécution de la ligne, l'avancement d'un tiroir qui donne l'épaisseur au moule, chaque fois qu'on doit fondre une espace.

M. Lavezzari termine en regrettant que l'heure tardive l'empêche de s'étendre davantage sur cet intéressant sujet, qu'on trouvera plus développé dans son mémoire. Il appelle encore l'attention de l'auditoire sur le fait que la bande perforée constitue un cliché peu coûteux, toujours prêt pour les réimpressions ; et que, grâce à la limitation judicieuse du nombre de ses perforations, on a pu réaliser un appareil télégraphique, imité du Baudot, qui répète à distance la bande avec ses perforations ; c'est la composition typographique rendue possible à distance, ce qui permettra à un journal de paraître à Paris et en province avec le même texte et à la même heure.

M. Lavezzari remercie notre Collègue M. Maurice Wehrlin, qui a bien voulu lui communiquer les renseignements et clichés, qui lui ont servi à faire sa communication.

M. le Président remercie M. Lavezzari des indications qu'il vient de donner sur cette nouvelle machine fort intéressante.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. A.-E. Chavanon, F.-L. Corvée, C. Doynel, L.-F. Fronton, G. Le Roux, I. Zuber, comme Membres Sociétaires, et de :

MM. R. Hébert et E.-A. Langlois, comme Membres Associés.

MM. L.-H. Capeyron, V.-A. Godinet, G.-F. Imbault, L.-E. Labarre, L.-Ch. Pelletier, I. Reiss, E.-P. Ribal, sont reçus comme Membres Sociétaires.

Et M. G.-T. Bouton, Membre Associé.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire :
L. Périssé.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 18 JUILLET 1902

Présidence de M. H. Couriot, Vice-Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le Procès verbal de la précédente séance est adopté.

M. Garçon, à propos du procès-verbal de la séance du 4 juillet renfermant une observation de M. Sartiaux sur la question de bibliographie, nous adresse une lettre.

Dans cette lettre, M. Garçon fait remarquer que, tandis que les renseignements auxquels fait allusion M. Sartiaux, ne comprennent que les titres et un résumé très court de tout ce qui se publie relativement à l'industrie électrique, le travail bibliographique, actuellement en cours, par les soins de M. Garçon, comprend un extrait textuel et développé des documents analysés; ceci réalise, pour la première fois, le type des répertoires analytiques industriels, votés, à l'unanimité, sur la proposition de notre Collègue, par le quatrième Congrès Bibliographique international de Chimie.

M. le Président a le regret d'annoncer les décès de :

M. Dreyfus, Armand-Alfred, ancien Élève de l'École Centrale (1885). A été attaché aux ateliers de la Société anonyme Franco-Belge de constructions de machines et matériel de chemins de fer, puis à la Maison Dreyfus frères, constructeurs de chaudronnerie en cuivre : Membre de la Société depuis 1888;

M. Bukaty, Gustave-Marie. A été attaché à la construction du Chemin de fer du Croisic à Saint-Nazaire, puis Ingénieur à l'Administration des Chemins du fer de l'État Roumain : Membre de la Société depuis 1891;

M. Robinson, John. Membre honoraire de la Société depuis 1878. Ancien Président de l'Institution of Mechanical Engineers, membre de l'Institution of Civil Engineers de Londres ;

M. de Rycerski, Félix-Lucien-Antoine. Ancien Élève de l'École Centrale (1869). A été Ingénieur attaché à la Société du Motay et Cie, Contrôleur en chef du Matériel et de la Traction au Chemin de fer Varsovie-Vienne; Ingénieur civil. Membre de la Société depuis 1872.

M. le Président adresse aux famille de nos Collègues l'expression des sentiments de condoléance de la Société tout entière.

M. le Président est heureux d'annoncer les décorations suivantes : Ont été nommés :

Officier de la Légion d'honneur, M. Léon Masson ;

Officier d'Académie, M. X. Gosselin;

Officier du Mérite agricole, M. A. Cabasse, et

Chevalier du même ordre, M. E. Prangey.

M. le Président adresse à nos Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président rappelle que, conformément à l'usage, pendant les vacances, les Bureaux et la Bibliothèque seront ouverts de 9 heures à midi et de 2 heures à 5 heures.

Le cinquième Congrès international de Chimie appliquée aura lieu à Berlin, dans la semaine de la Pentecôte, du 31 mai au 7 juin 1903.

Le Congrès de l'Association internationale pour la Protection de la Propriété industrielle se tiendra à Turin, du 16 au 18 septembre. Les adhésions et communications doivent être adressées à M. Ch. Thirion, Secrétaire du groupe français, 95, boulevard Beaumarchais, à Paris.

Le Syndicat des Propriétaires et Industriels, possédant ou exploitant des forces motrices hydrauliques, dont le Siège social est à Grenoble, 2, place du Lycée, organise un Congrès qui se tiendra à Grenoble du 6 au 13 septembre.

Les renseignements concernant ces avis sont déposés au Secrétariat.

M. Aug. Moreau a la parole pour sa communication sur *un nouveau moteur à gaz de la Compagnie Niel.*

M. Aug. Moreau, en exposant d'abord quelques considérations générales sur l'état actuel de la machine à vapeur comparé au moteur à gaz, confirme ce qu'il annonçait au lendemain de l'Exposition de 1889, sur la supériorité du rendement thermique de ce dernier, et cite à l'appui les récents et remarquables travaux de M. Aimé Witz qui fait autorité en ces matières et dont les conclusions sont précises à ce sujet (1).

Il aborde ensuite l'exposé du nouveau moteur Niel, qu'il a été appelé à étudier et à essayer en collaboration avec le distingué spécialiste de Lille. C'est un moteur à quatre temps dans lequel on a augmenté le

(1) M. E. Sauvage nous a adressé, à ce sujet, une petite note extraite des Annales des Mines, de mars 1902 (10e série, tome 1er, 3e livraison, page 333). Cette note qui analyse un travail de M. Aimé Witz, sur le *Rendement thermique comparé des Machines à vapeur et des Moteurs à gaz*, est déposée à la Bibliothèque.

rendement et diminué la consommation de gaz, par l'accroissement judicieux, et rendu pratique, de la compression préalable du mélange de gaz et d'air destiné à produire l'explosion. Cette compression s'opère dans une chambre spéciale ménagée dans une culasse mobile et facilement démontable fixée à l'arrière du cylindre; elle varie de 10 à 12 kilogrammes.

Malgré l'emploi de cette forte compression, le moteur n'est pas limité à l'emploi des gaz pauvres sous peine d'explosions prématurées ou excessives. L'idée éminemment heureuse appliquée ici, consiste précisément à permettre l'usage du gaz de ville ordinaire, en prenant simplement la précaution de le diluer dans une quantité d'air beaucoup plus grande que celle qu'on emploie ordinairement, et proportionnée aux besoins. On obtient ainsi du gaz presque aussi pauvre que celui d'un gazogène, de telle sorte que le moteur peut fonctionner indifféremment au gaz d'éclairage ou au gaz pauvre : le changement de la soupape d'admission du gaz carburant suffit pour obtenir ce résultat en quelques minutes.

Le cylindre est en deux pièces : une douille intérieure, d'épaisseur constante, dans laquelle se meut le piston; et une enveloppe extérieure reliée au bâtis général. L'eau de réfrigération circule entre les deux d'une manière rationnelle, en refroidissant d'abord la soupape d'échappement, pour sortir vers l'avant du cylindre. Tout cet ensemble est porté par son centre de gravité, et il n'y a en porte-à-faux que la culasse arrière dont nous avons parlé plus haut.

Le moteur essayé, d'une puissance motrice de 45 *ch*, présente un cylindre de 0,350 *m* de diamètre sur 0,480 *m* de course de piston. Le diamètre du volant est de 2,20 *m* avec 216 tours par minute. Le volume d'une cylindrée est de 0,0485 m^3 et la pression d'explosion de 22 à 25 *kg*.

L'enveloppe de circulation d'eau est rétrécie vers l'avant du cylindre, en un point correspondant à l'ouverture de l'échappement, et où, par conséquent, le refroidissement est moins nécessaire que dans la partie arrière : on obtient ainsi une notable économie d'eau.

En même temps, la disposition du cylindre en deux pièces permet de supprimer les nervures le reliant à son enveloppe, et par conséquent, d'obtenir une température beaucoup plus uniforme, ce qui évite les déformations du cylindre, les grippements et fuites du piston.

La distribution a lieu, comme c'est le cas général aujourd'hui, par soupapes, et par soupapes verticales, ce qui est de beaucoup préférable. La soupape d'échappement est à la partie inférieure de la culasse, dans une douille amovible et facile à remplacer en cas de besoin. Sa levée est fixe et invariable, obtenue par un levier mû par une came calée sur un arbre de distribution latéral dont la vitesse est réduite de moitié, comme d'ordinaire, au moyen de deux engrenages hélicoïdaux.

L'air et le gaz arrivent d'abord par deux conduites indépendantes, munies de vannes de réglage à index permettant d'obtenir sommairement les proportions voulues du mélange. Le réglage de précision est obtenu au moyen de deux soupapes placées sur le même diamètre vertical que la soupape d'échappement, et conjuguées entre elles. La soupape inférieure sert à l'introduction du mélange dans le cylindre; elle

reçoit également son mouvement d'un levier mû par une came calée sur l'arbre de distribution. Mais elle peut admettre une quantité variable du mélange à la commande d'un régulateur à force centrifuge agissant par l'intermédiaire d'un dash-pot très sensible. Ce dash-pot agit, lors de l'aspiration, comme un cylindre à vide, et lors de la fermeture de la soupape, comme un compresseur amortisseur d'air. C'est la première fois, à notre connaissance, que cet appareil est ainsi utilisé sous cette double forme.

La soupape à gaz, fixée par une douille annulaire sur la même tige que la précédente, en suit tous les mouvements avec un millimètre de retard, afin de donner la certitude d'être bien fermée en même temps que sa conjuguée. Mais elle présente une ouverture maximum et constante grâce à une queue cylindrique dont elle est munie, alors que la soupape de mélange ne s'ouvre qu'au minimum. De cette façon, plus la levée de cette dernière est faible, plus la proportion de gaz pur est grande dans le mélange. Et cela d'autant mieux que le gaz a une densité moindre et une pression plus forte que celles de l'air, aspiré seulement par la soupape d'entrée du mélange.

Cela est fort important, car lorsque cette dernière introduit moins de mélange sous l'effet du régulateur, grâce à un levier élastique lui permettant d'obéir aux fluctuations variables de ce dernier, tout en recevant le mouvement invariable de sa came, la compression est naturellement moindre, et il en est de même de la puissance de l'explosion. Avec des gaz pauvres, en particulier, on pourrait craindre que l'allumage, qui est obtenu par une petite machine magnéto-électrique, ne se fît pas régulièrement. Mais en même temps a lieu, comme nous venons de le dire. l'enrichissement méthodique du mélange par une plus forte proportion de gaz, de sorte que l'allumage se fait toujours d'une manière satisfaisante et sans aucun raté.

On voit donc, en résumé, que les admissions ont lieu à chaque coup sans aucun passage à vide, et en supprimant complètement l'application du tout ou rien. On en obtient ainsi une régulation basée sur une compression variable produisant des explosions de puissances différentes, mais laissant à la machine, quelle que soit sa charge, une vitesse constante et une régularité ausi parfaite que possible.

Le graissage du cylindre est obtenu au moyen d'une petite pompe de compression à huile, mue par une excentrique calée sur l'arbre de distribution. L'huile est injectée à la partie supérieure du cylindre, en un point tel que l'orifice n'est jamais découvert par le piston dans aucun de ses points morts avant ou arrière. De cette façon, l'huile ne tombe inutilement ni dans le cylindre ni sur la bielle. Un graissage à force centrifuge de la tête de bielle permet de renouveler la provision de lubrifiant de celle-ci sans arrêter la machine.

Les essais faits à Évreux, en novembre 1901, pendant dix heures consécutives, ont donné comme consommation de gaz de ville par cheval-heure 439 litres à 5600 calories. M. Deschamps, dans des essais un peu moins prolongés et sans mesure de la puissance calorifique du gaz, a trouvé 445 litres.

M. Moreau termine par un exposé succinct de la méthode fort élé-

gante de M. Ringelmann pour représenter analytiquement les consommations des moteurs thermiques. Il rappelle, à ce sujet, l'emploi qui en a été fait à la dernière exposition des moteurs à alcool.

Il serait très heureux qu'une discussion mît au point à l'époque actuelle, la question si intéressante et si complexe des machines à explosion.

M. J. Deschamps a la parole pour sa communication sur *le rendement des moteurs à gaz en général.*

M. Deschamps profite de l'intéressante communication de M. Moreau pour faire quelques observations sur la manière dont on évalue le rendement des moteurs à gaz.

On parle souvent de rendement thermique, organique, générique, économique, spécifique, etc.

Ce sont là des coefficients dont il est très difficile de préciser la valeur pour un moteur, parce que ce ne sont pas des constantes du moteur, et que, même pour une vitesse et un combustible déterminés, ils varient dans des proportions considérables, avec la puissance du moteur.

Il faut observer que les essais, qui ont été faits sur beaucoup de moteurs, ont permis de constater que la consommation C_n varie avec la puissance n, à très peu près, suivant une équation linéaire :

$$C_n = C_V + \frac{n}{N}(C_N - C_V),$$

C_V étant la consommation à vide et C_N la consommation en pleine charge, relation que l'on peut encore écrire :

$$C_n = N\left(\frac{C_v}{N}\right) + n\left(\frac{C_N - C_V}{N}\right).$$

Il propose de prendre, comme paramètres, pour un moteur déterminé $\frac{C_V}{N}$ qu'il appelle *la consommation spécifique à vide* et $\frac{C_N - C_V}{N}$ qu'il appelle *la consommation réduite par cheval*, c'est-à-dire, le quotient par le nombre de chevaux, de l'écart entre la consommation en charge et la consommation à vide, cette valeur étant à peu près la même quelle que soit la puissance choisie pour évaluer la pleine charge.

M. Deschamps examine ensuite les considérations que l'on pourrait tirer de la formule ci-dessus qui n'est qu'une formule approchée, mais se vérifie suffisamment bien et, comparant les grands moteurs, aux petits moteurs au moyen de l'équation de similitude, montre que les deux coefficients évalués ci-dessus ont une valeur indépendante de la grandeur du moteur et sont des constantes pour tous les moteurs d'une même famille de moteurs semblables, au sens mécanique du mot.

M. Deschamps critique ensuite l'idée du rendement générique, c'est-à-dire la comparaison qui a souvent été faite entre le rendement d'un moteur et le rendement que l'on obtiendrait au cas où l'on ferait parcourir un cycle de Carnot entre les mêmes températures extrêmes, que celles qui sont atteintes dans le moteur.

Il déclare que, selon lui, il y a là une conception dangereuse, d'une part, parce que les gaz, dans un moteur, ne parcourent pas un cycle

et que, d'ailleurs, ce cycle ne pourrait être réversible, et surtout, parce que nous n'avons la conception de températures absolues considérées dans le cycle de Carnot que par la définition même du cycle de Carnot, et que, par conséquent, c'est faire un cercle vicieux que d'appliquer le cycle de Carnot à des températures absolues qui ne sont pas comprises dans des limites telles, que l'on ait pu vérifier leur valeur par la loi de Carnot même.

M. Aimé Witz remercie M. Moreau de la mention qu'il a bien voulu faire de ses travaux, et présente quelques considérations théoriques et pratiques, pour justifier la considération du rendement thermique des machines. Ce rendement fournit la seule base de comparaison qu'on puisse trouver entre des moteurs alimentés dans des conditions si variées de combustibles différents, tels que les charbons, les pétroles lourds et légers, l'alcool à divers degrés de carburation, les gaz riches et pauvres, les gaz de hauts fourneaux, la vapeur saturée ou surchauffée, etc., dont les pouvoirs calorifiques présentent des écarts considérables. Cette base de comparaison est d'ailleurs d'un emploi extrêmement facile, attendu qu'elle repose uniquement sur la quantité de combustible consommé par cheval-heure indiqué ou effectif et sur la détermination du pouvoir de ce combustible, détermination qui ne devrait jamais être omise. La comparaison est enfin d'une correction parfaite, ainsi qu'il sera aisé de le démontrer.

Les machines à pétrole, à gaz, à vapeur, etc., sont des machines thermiques qui ont toutes le même objet, de transformer de la chaleur en travail, des calories en kilogrammètres. Leur perfection est d'autant plus grande qu'elles donnent plus de kilogrammètres par calorie, ou inversement qu'elles dépensent moins de calories par unité de travail produit. Cette perfection s'évalue mathématiquement, en déterminant le nombre de calories nécessaires pour développer 270 000 *kgm*, soit le travail d'un cheval en une heure. Ainsi, une machine Diesel qui consomme par cheval-heure indiqué 180 *g* de pétrole, dont le pouvoir *supérieur* est de 11 015 calories, a besoin d'une disponibilité de 1 983 calories, tandis qu'un moteur à gaz dépensant 400 litres de gaz à 5 250 calories en exige 2 100; une machine à vapeur Carels, alimentée de vapeur à 8,4 *k* de pression, surchauffée à 341° et consommant 4,4 *k* de vapeur, demande 3 271 calories.

Les nombres 1 983, 2 100 et 3 271 donnent la mesure de la perfection relative de ces trois machines. Or, ces nombres sont grands et difficiles à retenir; d'autre part, si, rapprochés l'un de l'autre, ils définissent le mérite comparé des machines, ils frappent moins vivement l'esprit que ne le ferait un coefficient. Il est facile de les mettre sous cette forme. En effet, les 270 000 *kgm* développés équivalent à 635,29 calories; c'est la chaleur utilisée; les nombres 1983, 2100 et 3271 représentent la chaleur disponible; mais le quotient de la chaleur utilisée par la chaleur disponible est précisément l'expression du rendement du moteur; ce dernier est donc égal à :

$$\frac{635,29}{1983} = 0,32; \qquad \frac{635,29}{2100} = 0,30; \qquad \frac{635,29}{3271} = 0,19.$$

Ces trois valeurs du rendement sont des notes de mérite qui sont très suggestives et frappent l'esprit. Leur concept ne repose sur aucune hypothèse qu'on puisse contester ou discuter; leur calcul ne suppose qu'une arithmétique élémentaire; leur usage est compris de tous et il est utile à tous.

En prenant pour point de départ du calcul la dépense par cheval-heure effectif, on aurait obtenu le rendement thermique effectif, auquel les industriels s'intéressent le plus parce qu'il leur importe le plus.

Mais cette comparaison de machines thermiques fonctionnant entre des limites de température fort diverses, fait naître dans l'esprit du théoricien, une question, à laquelle il cherchera ausitôt une réponse : à quelle distance se trouvent ces moteurs, dont le rendement est 0,32 ou 0,19, du rendement maximum? Ce théoricien n'ignore pas que toute machine thermique exige fatalement une cession de calorique q à un réfrigérant, et que la chaleur utilisée $Q-q$ est toujours moindre que la chaleur disponible, puisque q ne saurait être nul. Or, si le foyer a une température absolue T et le réfrigérant une température t, il existe un certain cycle, imaginé par Carnot et portant son nom, pour lequel le rendement ρ défini par $\frac{Q-q}{q}$ serait égal à $\frac{T-t}{T}$ ou $1-\frac{t}{T}$. Ce cycle est une fiction; mais son rendement est le meilleur qu'on puisse obtenir pour des valeurs données de T et de t; c'est un rendement limite. Il convient donc merveilleusement, comme tout idéal, à caractériser par comparaison la valeur de la machine, qu'on précisera en faisant le quotient de ρ le rendement thermique du moteur, par ρ', le rendement limite du cycle de Carnot, pour les mêmes températures T et t du foyer et du réfrigérant. Le quotient $\frac{\rho}{\rho'}=\rho_1$, a reçu de l'illustre Hirn le nom de rendement générique, parce qu'il est un coefficient d'espèce. Il repose sur la fiction du cycle de Carnot réalisé; il suppose d'autre part connues les températures absolues T et t. Or, le zéro absolu à partir duquel on compte ces températures absolues, est-il bien à —273 degrés centigrades? On l'admet, mais ni Hirn, ni Clausius, ni Zeuner, ni Bertrand n'auraient osé l'affirmer; et pourtant, ils estimaient ainsi les températures absolues. M. Witz demande la permission de faire comme eux en attendant que ce mystère de la nature soit dévoilé. Le rendement générique n'intéresse du reste guère que les théoriciens.

Revenant aux rendements thermiques, M. Witz montre de quelle utilité ils sont pour analyser le fonctionnement des moteurs à gaz; dans les moteurs se réglant par admission de tout ou rien, le rendement thermique indiqué doit, dans une machine bien conditionnée, rester le même, quelle que soit la charge; le rendement effectif varie au contraire avec la charge; mais les résultats relevés concordent parfaitement avec la formule de M. Ringelmann. Pour des moteurs à mélange ou à compression variable, les faits sont plus complexes, mais la détermination des rendements indiqué et effectif aux divers régimes de charge est toujours féconde en données utiles et intéressantes. L'heure avancée et

l'impromptu de cette communication empêchent de donner à cette question le développement et la précision qu'elle exigerait; elle pourrait revenir devant la Société et faire l'objet d'une discussion approfondie.

M. R. Soreau remarque que M. Deschamps et M. Witz se placent à des points de vue différents. Le cycle de Carnot a permis de calculer, non pas la valeur maximum, mais une limite supérieure du rendement, c'est-à-dire une valeur simple, indépendante de nombreux facteurs qui sont en cause, mais valeur qu'il est tout à fait impossible d'atteindre avec certaines classes de moteurs thermiques. Ainsi, Zeuner n'a jamais trouvé plus de 60 0/0 pour le rapport entre le rendement des machines à vapeur et la limite supérieure de Carnot, où l'on prend $f(t) = T$. Si donc la formule connue déduite du cycle de Carnot donne un renseignement utile, il ne faut pas se dissimuler qu'un tel renseignement n'a qu'une signification très relative, qu'il ne permet pas, par exemple, une classification sûre des machines au point de vue du rendement; non pas que le principe de Carnot soit inexact, comme on a cru pouvoir le prétendre, mais parce que ce n'est qu'un concept, et que les machines sont des réalités. Il peut y avoir danger à oublier ces restrictions : c'est ainsi que l'on a longtemps affirmé que le rendement des moteurs thermiques était indépendant de la nature du corps transformateur; cela est vrai pour le cycle de Carnot, mais ne l'est pas pour les cycles des machines à vapeur, ainsi que l'ont montré expérimentalement MM. Yarrow et Escher Wyss en substituant la vapeur de naphte à la vapeur d'eau.

Il y aurait grand intérêt pour la technique à serrer la question de plus près : on arriverait assurément à des formules moins simples, mais comment espérer représenter des phénomènes complexes par des formules où n'entrent que les températures extrêmes ? Déjà, pour les machines à vapeur, l'*Institut of Civil Engineers*, de Londres, a proposé d'adopter comme cycle étalon le cycle de Rankine, qui fait intervenir la chaleur spécifique et la chaleur de vaporisation du liquide. M. Soreau estime donc que M. Deschamps fait œuvre utile en cherchant s'il n'y a pas lieu d'apporter des modifications à la formule de Carnot appliquée aux moteurs à gaz, et s'il ne convient pas, en particulier, de prendre pour $f(t)$ une valeur différente de T, étant données les hautes températures qu'on atteint.

En ce qui concerne le nouveau moteur Niel, notre Collègue dit que. s'il a bien compris M. Moreau, on comprime, quand on marche au gaz de ville, à une pression à peu près double de la pression habituelle, mais en diluant dans un volume d'air deux fois plus grand : c'est assurément un dispositif ingénieux, qui permet d'employer le gaz de ville ou le gaz pauvre, mais cela ne change pas la masse d'hydrocarbure introduite dans un temps donné. Le véritable progrès, au point de vue compression, consisterait précisément, suivant M. Soreau, à donner au mécanicien la possibilité d'augmenter cette masse : tel est le problème que s'était proposé M. Diesel. C'est en résolvant ce problème avec des moteurs industriels qu'on pourra donner aux moteurs à gaz l'élasticité qui leur manque, ce qui les met, dans nombre d'applications, en infériorité sur les machines à vapeur.

M. D.-A. Casalonga rappelle que, dès 1889, lors du Congrès de mécanique appliquée, ses études l'avaient amené à reconnaître la supériorité du rendement thermique des moteurs à gaz sur celui des moteurs à vapeur. Il est heureux que la discussion se soit ouverte sur le cycle de Carnot dont l'analyse appelle une revision nécessaire, ainsi que celle du coefficient, dit économique, de la forme :

$$\frac{T_0 - T_1}{T_0},$$

déterminé par Clausius.

Au sujet des divers genres de rendement, celui qui, à ses yeux, offre l'intérêt le plus grand est le rendement thermique absolu qui, dans les moteurs à gaz connus, quels qu'en soient le système et la perfection, est invariablement 29 0/0, pour chaque trajet ou course.

La conception des températures absolues considérées dans le cycle de Carnot, n'y offre aucun inconvénient, et elle ne résulte pas de la définition même de ce cycle qui pourrait être analysé avec la seule notion des températures en degrés centigrades. Cette conception résulte plutôt des lois de Gay-Lussac et de Dulong et Petit.

Ce qui est autrement fâcheux c'est que le cycle de Carnot, si on ne veut pas dire qu'il est inexact, est sûrement très incomplet.

Fût-il exact et complet, qu'il serait inapplicable à la détermination du travail des moteurs thermiques actuels, lesquels sont des moteurs, non pas à cycle fermé, mais à échappement. C'est une erreur de vouloir appliquer, n'importe comment, le cycle de Carnot aux moteurs à gaz et aux machines à vapeur.

C'est encore une erreur grave de croire que le cycle de Carnot est apte à assurer un rendement thermique variable et d'autant plus grand que l'écart des températures est lui-même plus grand. Croire cela serait admettre qu'avec une même quantité de chaleur on peut produire des quantités variables de travail, ce qui est inadmissible, et ce qui est formellement contraire au principe fondamental de R. Mayer, sur l'équivalence de la chaleur et du travail, et d'après lequel le rendement de la calorie est une constante.

M. D.-A. Casalonga espère qu'il lui sera réservé de revenir, d'une manière plus complète, sur ces questions délicates, dont quelques-unes vont à l'encontre de principes généralement enseignés, et offrent un très grand intérêt, tant au point de vue de la science pure que des applications.

M. le Président remercie nos Collègues MM. Moreau et Deschamps qui, par leurs intéressantes communications, ont provoqué une discussion élevée sur une matière importante comme l'est celle du rendement des moteurs ; il exprime notamment tous les remerciements de la Société à M. le Professeur A. Witz, qui n'a pas reculé devant le voyage de Lille pour discuter les délicates questions de thermodynamique.

M. le Président rappelle que les séances sont, comme chaque année suspendues jusqu'au mois d'octobre.

Il est donné lecture, en première présentation, de la demande d'admission de M. A. Giraud, comme Membre Sociétaire.

MM. F. Chavanon, F. L. Corvée, C. Doynel, L. F. Fronton, G. Le Roux, J. Zuber, sont admis comme Membres Sociétaires, et

MM. R. Hébert, E. A. Langlois, comme Membres Associés.

La séance est levée à 11 heures trois quarts.

Le Secrétaire,
Lucien PÉRISSÉ.

LA MÉTALLURGIE DU FER ET DE L'ACIER

A

L'EXPOSITION DE DUSSELDORF 1902 [1]

PAR

M. Alexandre GOUVY

Lorsque j'ai exposé à la Société des Ingénieurs civils, en séance du 7 février dernier, dans un résumé sommaire, ce que devait présenter aux Ingénieurs l'exposition de Dusseldorf, je ne croyais pas cependant devoir y trouver un champ d'études aussi vaste que celui qu'elle présente réellement.

Il est tout d'abord de mon devoir de remercier la Société des Ingénieurs Civils de la confiance qu'elle a bien voulu me témoigner en me chargeant d'étudier spécialement à Dusseldorf la métallurgie du fer et de l'acier; j'ai cherché à m'acquitter de cette mission d'une façon aussi complète que possible, et ce sont les résultats des études faites sur place que j'ai l'honneur de venir présenter aujourd'hui à nos Collègues.

Au cours de ces études, j'ai eu l'occasion de réunir aussi de nombreuses données relatives aux installations les plus nouvelles adoptées par les grandes usines métallurgiques de la région, ainsi que des chiffres de statistique plus complets que ceux mentionnés dans le court mémoire de février dernier; l'analyse de ces questions présentant surtout un intérêt pratique, nous entraînerait hors du cadre que nous nous sommes tracé ici; aussi me suis-je proposé d'en faire l'objet d'une étude spéciale que je compte pouvoir présenter à la Société dans une séance ultérieure et qui se trouvera alors utilement complétée par celle que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui.

Pour se rendre compte de la disposition générale de l'Exposition et des emplacements occupés par les objets que nous allons étudier, je prierai nos Collègues de vouloir bien se rapporter au plan et à la nomenclature des bâtiments et pavillons avec numéros correspondants, figurant au bulletin de février dernier.

Nous nous en tiendrons, bien entendu, dans la présente

(1) Voir planches n[os] 30, 31, 32, 33.

étude, à la sidérurgie proprement dite, en tant qu'elle est représentée à l'Exposition par ses produits en fonte, en fer et en acier, et par les appareils servant à les fabriquer et à les travailler; certaines énumérations pourront paraître forcément un peu monotones, mais il est difficile d'éviter cet écueil dans une étude de ce genre, surtout si l'on veut qu'elle soit complète et donne une idée de l'accumulation d'objets intéressants que renferme l'exposition ; du reste, nous ne mentionnerons, pour la plupart des exposants, que les objets principaux présentés par eux, de façon à pouvoir déduire de leur examen la puissance de fabrication des ateliers et des machines qui s'y trouvent, analysant, lorsque cela sera possible, les qualités respectives des divers produits et leurs applications.

HAUTS FOURNEAUX ET ACCESSOIRES

Minerai et coke

Parmi les matières premières destinées aux hauts fourneaux, ce sont évidemment le coke et le minerai qui jouent le rôle principal; un grand nombre d'usines exposent des échantillons de ces produits, mais on n'en trouve que de rares analyses; ce sont les constructeurs de fours à coke qui présentent surtout un certain intérêt en ce sens que beaucoup d'usines possédant des hauts fourneaux fabriquent aussi leur coke et sont mises à même d'employer telle ou telle construction de fours convenant le mieux aux charbons disponibles; la récupération des sous-produits appliquée actuellement presque partout est de même de première importance au point de vue de la réduction du prix de revient des fontes par une « reprise » facile à réaliser.

Les **fours à coke** du système **von Bauer**, très appréciés en Allemagne et qui, avec les fours Otto, se disputent la première place, sont relativement bien connus en France et en Belgique ; ils sont construits par la Société Rhéno-Westphalienne des fours à coke, à Hamm, qui n'a exposé cependant que des dessins et des photographies. Nous indiquons *(Pl. 30, fig. 1 à 5)* le principe de la construction de ces fours qui ont été étudiés surtout : 1° en vue d'obtenir un rendement élevé (on prétend atteindre un rendement de 10 0/0 seulement en dessous de celui obtenu au laboratoire) ; 2° en vue d'admettre de fortes charges comportant 10 *t* en houille versée, 12,5 *t* tonnes en houille comprimée;

3° afin de réduire la durée de la carbonisation à un minimum (vingt-quatre à quarante-huit heures, suivant la qualité de la houille traitée); 4° afin de permettre une conduite facile de la carbonisation tout en donnant une bonne qualité de coke et supprimant les fumées et, par suite, les pertes; 5° en vue de réduire les frais d'entretien des fours et de permettre, à volonté, la récupération des sous-produits.

La Société des **fours à coke Otto-Dahlhausen** attache une plus grande importance à la récupération des sous-produits; les fours Otto sont munis aujourd'hui de brûleurs à gaz spéciaux, l'emploi des récupérateurs que cette Société préconisait autrefois étant complètement abandonné par elle. Un groupe de quatre compartiments a été installé en grandeur naturelle dans un pavillon spécial (n° 74 du plan) où sont exposés, en outre, des matières premières et sous-produits récupérés, ainsi qu'une collection complète des produits réfractaires de cette Société. On retrouve, d'autre part, dans le pavillon des Mines (n° 97 du plan), un modèle au 1/40 d'une installation complète de fours Otto combinés avec ateliers de lavage et de triage, recette, etc., du puits Schamrock de la Société Hibernia (Herne en W.).

La maison Otto, qui existe depuis 1876, a construit à ce jour une grande quantité de fours à coke comprenant :

a)	7 893	fours ordinaires sans récupération de sous-produits;
b)	2 568	— à récupérateurs Otto-Hoffmann et divers;
c)	1 707	— munis du chalumeau qui date de 1896 seulement.
TOTAL.	12 168	fours à coke (1).

Nous donnons *(Pl. 30, fig. 6 et 7)* le dessin du dernier type de four Otto avec brûleurs; les constructeurs se basent sur ce qu'il faut éviter la combustion de grandes masses de gaz en un seul point; chaque chauffe doit avoir ses arrivées spéciales de gaz et d'air réglables, enfin le chemin parcouru par les gaz doit être aussi réduit que possible. Les fours actuels ont une longueur de 10 *m*, 1,90 *m* à 2 *m* de hauteur et une largeur variable, suivant la qualité de la houille à traiter, entre 430 et 600 *mm*; on admet une durée de carbonisation de vingt-huit à trente-deux heures.

(1) L'Amérique n'est pas comprise dans ce chiffre; le total des fours construits atteint, en effet, plus de 15 000.

Nous indiquerons pour mémoire quelques chiffres d'exploitation obtenus avec charbons du bassin de la Ruhr dans des fours Otto, savoir :

Essais de charbons de la Ruhr dans des fours Otto à récupération de sous-produits à Dahlhausen-sur-Ruhr.

Provenance des houilles traitées.	Mine Preussen I	Mine Dahlbusch II	Mine Colonia	Mine de Bannenbaum I
Qualité de la houille	grasse	grasse	demi-grasse	maigre à coke
Rendement en coke 0/0	79,40	78,06	83,31	84,07
Mètres cubes de gaz produits par tonne de charbon à 760mm, à 0° charbon sec. .	275,00	277,80	276,00	249,30
à 15° charbon humide.	295,10	298,10	296,20	267,10
Gaz totaux, y compris CO^2, HS, C^6H^6. . . . . m^3	307,60	307,00	303,00	274,40
Ammoniaque. 0/0	0,324	0,355	0,278	0,328
Ammoniaque volatil en sulfate.	1,063	1,316	1,016	1,179
Ammoniaque non volatil en sulfate	0,194	0,061	0,064	0,092
Ammoniaque total en sulfate. 0/0	1,257	1,377	1,080	1,271
Total des matières volatiles. 0/0	20,60	21,94	16,69	15,93
Goudron 0/0	2,82	3,29	1,40	2,08
Eau du gaz.	4,48	4,84	5,05	3,12
Acide carbonique	1,07	0,90	0,42	0,82
Acide sulfhydrique	0,43	0,27	0,26	0,11
Huiles légères	1,36	0,97	1,06	0,80
Total. 0/0	10,16	10,27	8,19	6,93
Gaz (par différence) 0/0	10,44	11,67	8,50	9,00

Les fours à coke avec récupération des sous-produits système **Franz Brunck-Dortmund**, sont représentés par des modèles à petite échelle (pavillon des mines et annexe) ; le four Brunck a été réalisé en 1893 et peut être caractérisé comme suit :

a) Carneaux de chauffage doubles et verticaux entre les compartiments ;

b) Paroi massive entre chaque compartiment, permettant d'augmenter la hauteur de ceux-ci, de les choisir plus étroits tout en maintenant de fortes charges, et de réduire en même temps la durée de la carbonisation ;

c) Chauffage *indépendant* de chaque four et réchauffage de l'air de combustion par une circulation spéciale ;

d) Réparations partielles facilitées par les détails de la construction.

Les dimensions des fours Brunck sont : longueur 10,250 *m*, hauteur 2 *m* à 2,25 *m*, largeur 430 à 550 *mm*, suivant qualité du charbon.

La charge varie entre 5 et 7,5 *t*, en admettant une houille de 10 à 15 0/0 d'eau ; la durée de la carbonisation est de vingt-six à trente-quatre heures.

Les rendements indiqués paraissent satisfaisants et ont atteint dans la Ruhr avec charbon sec :

Coke	76 à 82	0/0
Goudrons	2,8 à 3,9	—
Sulfate d'ammoniaque	1,0 à 1,3	—
Benzols	0,4 à 0,7	—

La fabrication des **briquettes de minerai menu** présente, dans certains cas, un grand intérêt en tant que l'on peut par ce moyen utiliser au haut fourneau des minerais de moindre prix en plus fortes proportions, notamment les résidus de pyrites ; la matière agglutinante la plus convenable est la *chaux hydraulique.*

Toutes les machines à briquettes de charbon peuvent être utilisées, pourvu qu'elles soient construites de façon à donner une pression suffisante. Nous avons trouvé à l'Exposition deux presses paraissant convenir à cet usage, par suite de la simplicité relative de leur construction ; elles sont toutes deux visibles en fonctionnement.

La première, construite par les ateliers **Tigler-Meiderich**, est à levier à genouillère actionné par un arbre coudé ; la compression est triple, savoir :

a) Choc obtenu par la chute libre du pilon supérieur ;

b) Pression de la partie inférieure ;

c) Pression simultanée et égale par le haut et par le bas (300 *kg* par centimètre carré).

Cette presse peut fabriquer 20 *t* de briquettes de houille de

12 *kg* par heure et nécessite un moteur de 12 *ch*; on peut, en changeant les matrices et les pilons, fabriquer des briquettes de 0,1 *kg* à 12 *kg* pièce.

On voit à l'Exposition le sécheur à charbon en fonctionnement au moyen de la transmission commune actionnée par dynamo et on y fabrique, une fois par semaine, une certaine quantité de petites briquettes.

La seconde presse à briquettes est celle exposée par la Maison **W. Dünkelberg de Bommern** ; elle paraît avoir été surtout employée pour produits réfractaires, mais peut très bien traiter du minerai; cette presse se réclame d'une augmentation graduelle de la pression jusqu'à un maximum qui est maintenu pendant un temps déterminé, et égale par le haut et par le bas; elle est caractérisée par un levier coudé évidé, dans lequel se meut un galet transmettant le mouvement. La production est indiquée à raison de 10 *t* de briquettes de houille par heure.

En ce qui concerne la **préparation mécanique du minerai**, nous trouvons à l'Exposition peu de machines applicables au minerai de fer; nous citerons simplement celles des Ateliers **Humboldt-Kalk** (pavillon n° 40 du plan) et de la Maison **Pilgrim et von Kœnigsloew-Dortmund** (pavillon annexe des mines), ces machines sont en fonctionnement, mais elles s'appliquent surtout à des minerais de valeur plus élevée que ceux de fer.

Dans l'exposition collective du pays de Siegen, l'on remarque par contre les dessins d'une laverie mécanique, installée spécialement pour le traitement de minerai de fer spathique cru et grillé, pour la mine Storch-et-Schoeneberg (Siegen), par les Ateliers royaux de **Clausthal**; on y obtient quatre sortes de menus, et les analyses qui nous ont été communiquées donnent (1) :

			Fer.	Manganèse.	Matières insolubles.
			—	—	—
			0/0	0/0	0/0
Minerai spathique cru			30,29	5,77	19,14
— — grillé			38,87	7,68	29,68
Produits obtenus par la laverie.	Caisse n°	I	52,0 à 54,0	9,7 à 10,0	—
	—	II	53,0 à 55,0	9,8 à 10,0	—
	—	III	53,0 à 54,0	9,4 à 9,8	—
	—	IV	47,5 à 49,0	8,8 à 9,3	—

(1) La reproduction des dessins de cette laverie n'est pas autorisée.

Hauts fourneaux.

C'est l'**exposition collective** du pays de **Siegen**, dans le palais de l'Industrie, qui présente au point de vue des hauts fourneaux les données les plus intéressantes.

Nous y voyons reproduite en *grandeur naturelle*, la demi-coupe d'un vieux haut fourneau à dame qui existait en 1852 à la « Grünebacherhütte » et produisait par heure 260 *kg* de fonte

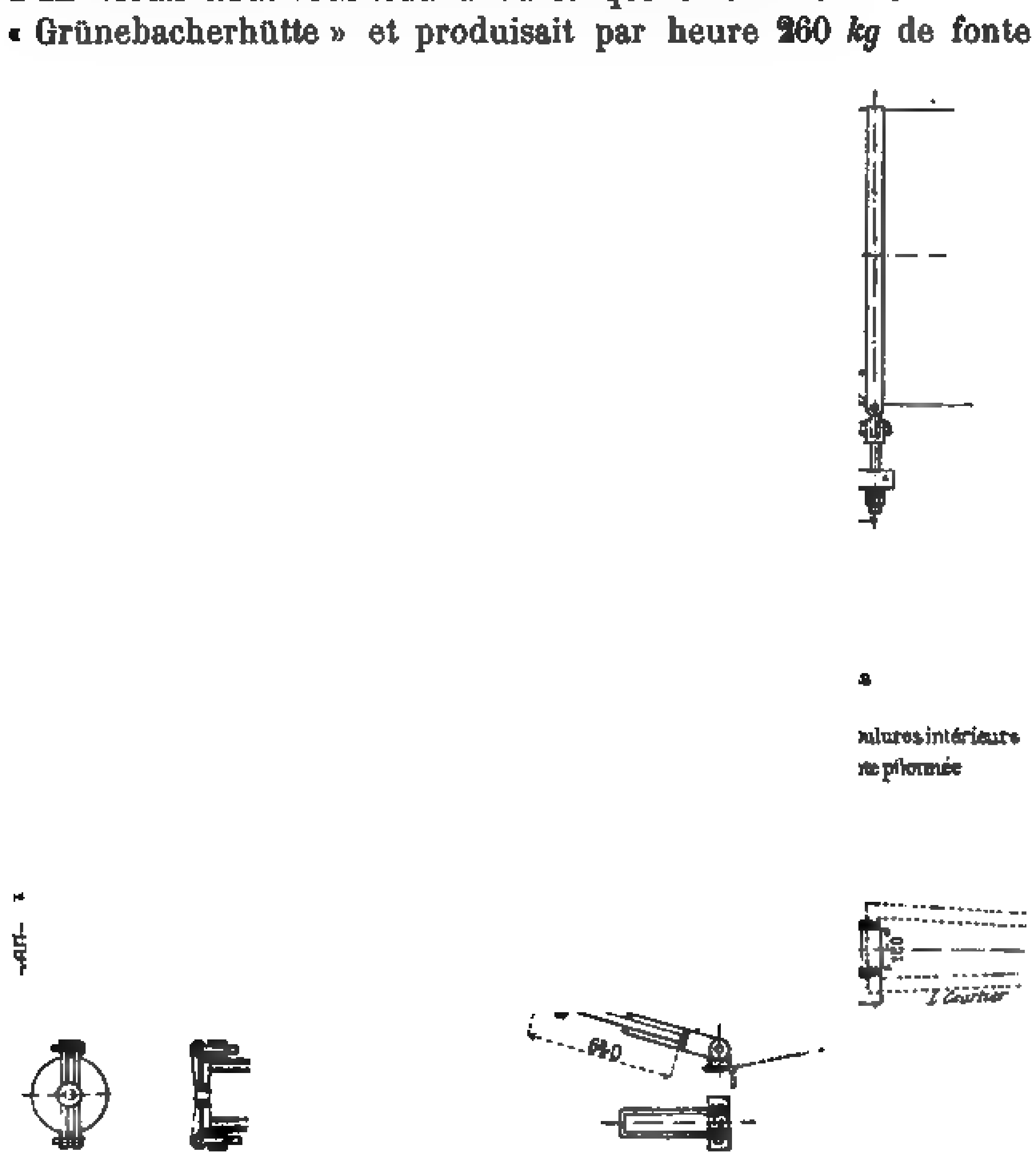


Fig. 1. — Porte-vent système M. Boecker (construction Dango-Dienenthal).

représentée par un petit cube de 320 *mm* de côté ; ce fourneau avait un volume de 114 m^3, soit 7,6 m^3 par tonne de production quotidienne ; en face s'élève la coupe correspondante d'un haut fourneau moderne, dont la production de 7 800 *kg* par heure est

représentée par un cube de 1 *m* de côté. Ce fourneau a un volume de 547 m^3 et peut produire 500 *t* par vingt-quatre heures, ce qui répond à 1,1 m^3 par tonne de production quotidienne ; il est

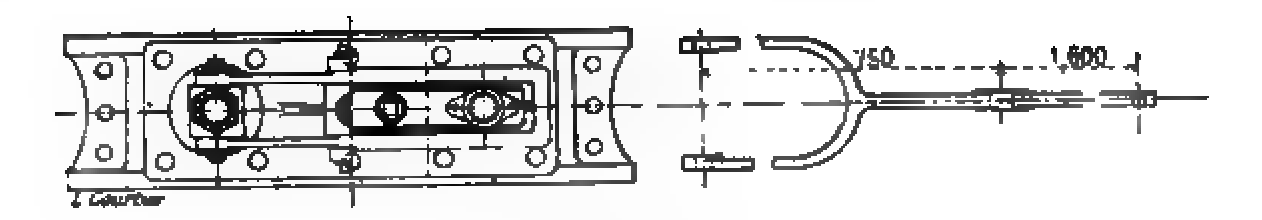
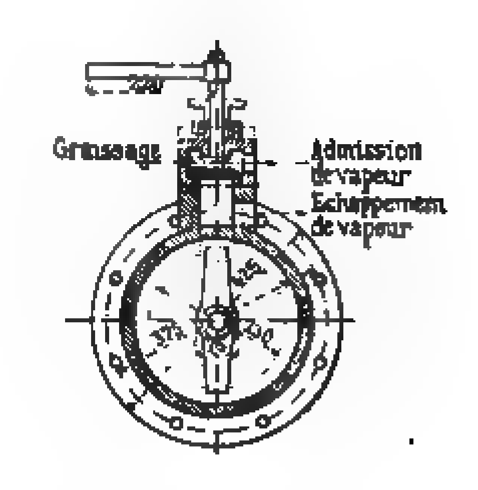


Fig. 2. — Registre à vent chaud à circulation d'eau (système Dango-Dienenthal).

installé à *Bruckhausen* d'après les plans de M. F.-W. Lürmann.

Ce second modèle est muni de la tuyère à laitiers, dont M. F.-W. **Lürmann d'Osnabrück** est l'inventeur bien connu, de



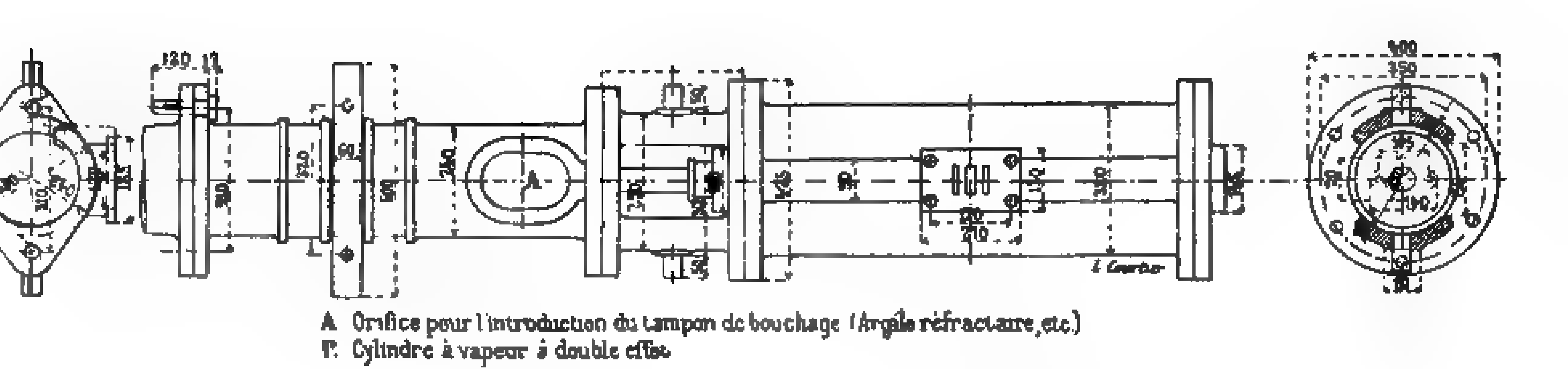


Fig. 3. — Détail de la machine Vaughan à bourrer les trous de coulée (construction Dango-Dienenthal).

tuyères en bronze à circulation d'eau, et de deux porte-vents construits par la Maison Dango-Dienenthal-Siegen ; le premier est du système Boecker (*fig. 1*) avec robinet sphérique et enveloppe double garnie d'amiante pour réduire les pertes de chaleur du vent, le second est à registre et disposé de façon à dégager la tuyère par une rotation autour d'un axe vertical

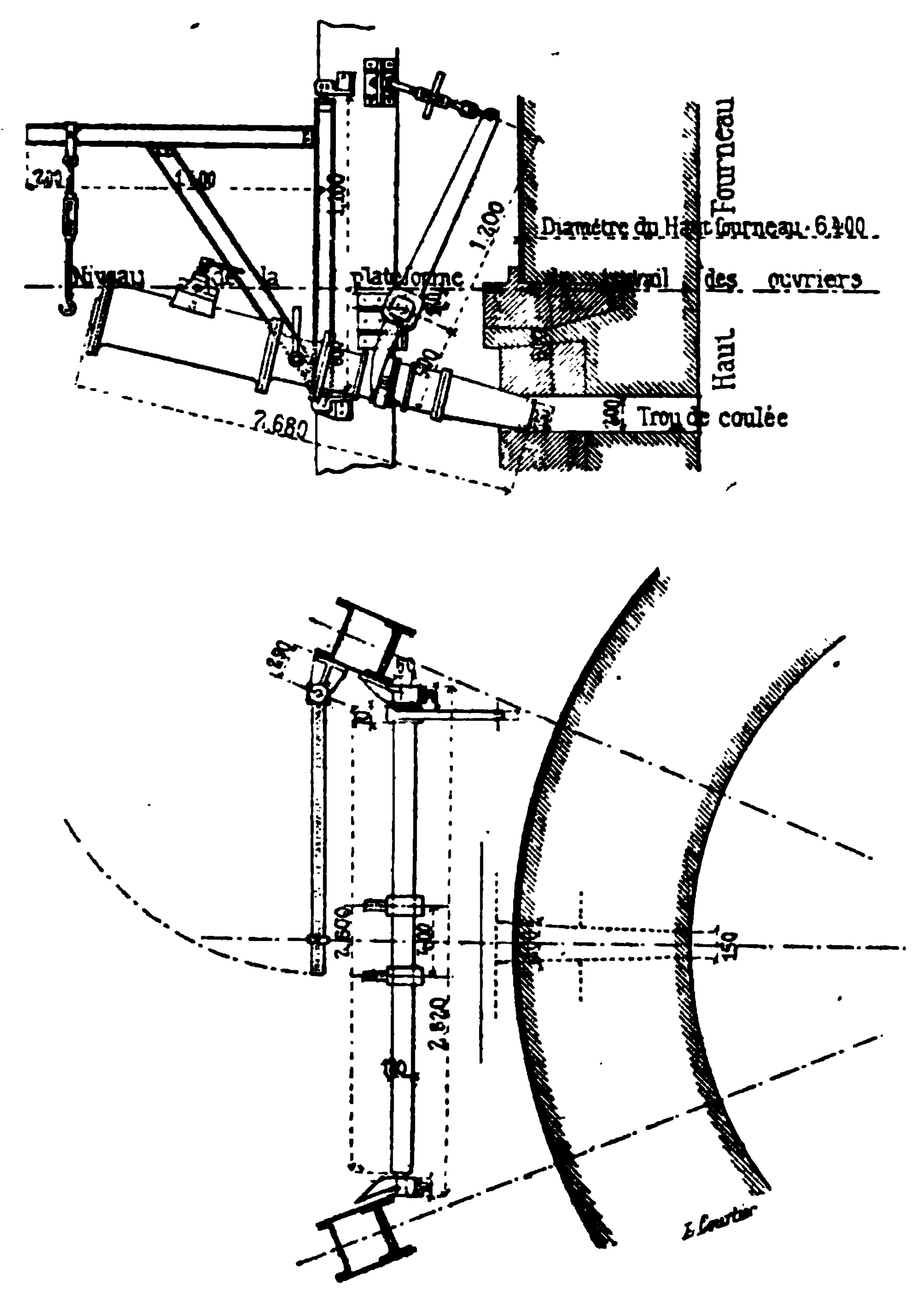


Fig. 4. — Disposition d'ensemble de la machine à bourrer les trous de coulée (système Vaughan).

placé à droite de l'axe de cette tuyère ; cette seconde disposition était adoptée autrefois pour les petits hauts fourneaux au bois de Suède, et se retrouve encore dans l'Oural ; elle a été abandonnée pour les grands hauts fourneaux parce que l'on n'avait pas trouvé de combinaison pratique, permettant la rotation avec pièces de fonte rendues plus lourdes par les garnissages réfractaires la

solution présentée par la Maison Dango-Dienenthal parait répondre à toutes les exigences de la pratique ; nous préférons toutefois, pour notre part, le robinet sphérique avec serrage réglable, à l'emploi des registres qui ne peuvent toujours être tenus étanches.

A côté de ces hauts fourneaux, nous remarquons une **tuyauterie de gaz** de la Maison **H. Stähler**, de **Weidenau-sur-Sieg**,

V — Voie des wagonnets amenés par câble
W — Wagonnet en déchargement sur la voie V circulaire
E — Entonnoir supérieur fermé par la cloche K
e — Entonnoir inférieur fermé par le cône C
M — Tuyau de gaz mobile portant le cône C
R — Réservoir neutre avec joint de sable S
J — Joint hydraulique commun au cône et à la cloche
G — Tuyau de prise de gaz fixe

FIG. 5. — Prise de gaz des usines Buderus-Wetzlar.

et qui est munie sur toute sa longueur de cônes avec petits clapets à contrepoids très rapprochés, permettant l'enlèvement facile des poussières même en marche, et un nettoyage rapide de la conduite de gaz ; cette disposition est employée actuellement, dans la forme exposée, aux usines de Coln-Müsen (Creuzthal), de Wissen-sur-Sieg et Carl Otto, à Urbach, près de Cologne.

Un **registre à vent chaud** en bronze refroidi par un courant d'eau, dont nous donnons le dessin *(fig. 2)*, a été de même exposé

par la Maison **Dango-Dienenthal**, ainsi qu'un appareil américain, système Vaughan, pour bourrage rapide du trou de coulée au moyen d'un piston à vapeur *(fig. 3 et fig. 4)*.

Une série de photographies de la Maison **Schmeck de Siegen**, représente des installations complètes de hauts fourneaux, exécutées par la Maison Stähler; nous y relevons notamment la prise de gaz double de Dudelange (Luxembourg), les hauts fourneaux de la « Moselhütte », le nouveau fourneau des usines Hoesch (Dortmund) avec son monte-charges électrique incliné, la vue des hauts fourneaux de Rombach (Lorraine) et ceux de la Maxhütte, à Unterwellenborn. Nous reviendrons sur toutes ces installations dans l'étude que nous nous proposons de faire ultérieurement.

Nous remarquons dans cette même section un dessin des appareils de **prise de gaz** brevetés aux usines **Buderus-Wetzlar**, et que construit aussi la Maison Stæhler ; ces appareils sont appliqués actuellement non seulement aux usines Buderus mêmes, mais aussi à Bulmke-Gelsenkirchen (Société de Schalke) et vont être installés à Concordiahuette-Lossen et à Rombach (Lorraine) *(fig. 5)*. Cette même Société Buderus expose du reste dans son

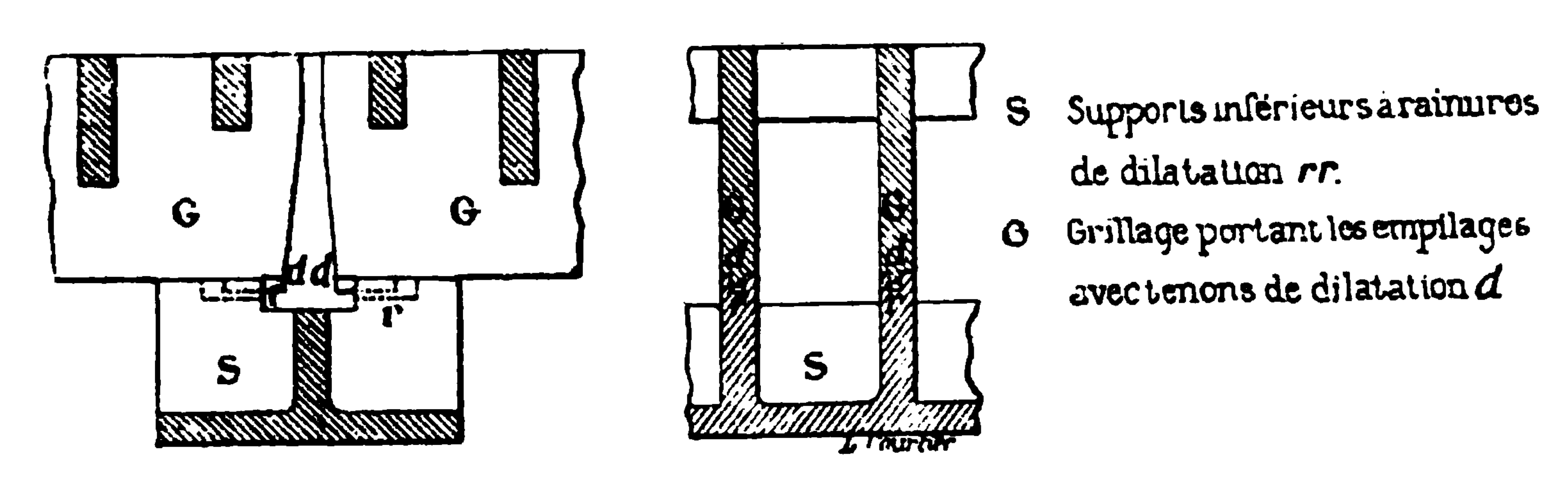


Fig. 6. — Grillage-support métallique pour appareils Cowper (système Buderus-Wetzlar).

pavillon (n° 73 du plan général) un modèle de haut fourneau au 1/15, montrant en coupe l'appareil ci-dessus, ainsi que la descente des charges de minerai, castine et coke; nous observerons toutefois que cette descente s'effectuant dans une moitié seulement du fourneau et les matières ne changeant pas de volume et de nature pendant leur déplacement, ainsi que ce serait le cas en réalité, les profils que l'on aperçoit au travers de la plaque de verre ne peuvent être considérés comme exacts.

Nous trouvons là aussi un **cadre métallique** pour appareil **Cowper**; nous avons toujours considéré pour notre part que

l'emploi de la fonte comme supports d'empilages des appareils Cowper, présentait de graves inconvénients au point de vue de la stabilité de ces empilages, par suite de la dilatation inégale et de la rupture fréquente des cadres métalliques par l'échauffement et le refroidissement successifs ; le brevet Buderus *(fig. 6)* prétend remédier à cet inconvenient, la disposition permettant une dilatation dans tous les sens des plaques de fonte, d'où suppression des gondolements et des ruptures ; ces cadres se seraient, parait-il, bien comportés en pratique.

M. **F. Burgers**, directeur général à **Gelsenkirchen**, a exposé un modèle de haut fourneau (environ 1/20) de sa construction, avec **enveloppe métallique** en fonte refroidie par

Fourneau de l'usine Vulkan à Duisburg, 1900.

Détail du cuvelage en fonte.

C Cuvelage en fonte
g Garniture intérieure en briques réfractaires ou en pisé
E Tuyauterie d'arrosage du cuvelage en fonte
K Rigoles collectrices des eaux d'arrosage de chaque anneau de cuvelage

Fig. 7. — Hauts fourneaux avec cuvelage en fonte (système F. Burgers).

jets d'eau à l'extérieur, aussi bien pour la cuve que pour les étalages ; l'épaisseur des briques garnissant la cuve à l'intérieur de l'enveloppe en fonte est très faible ; quant au creuset il est garni de *briques de carbone*. M. Burgers, qui est du reste l'auteur des valves pour appareils Cowper portant son nom, a préconisé déjà en 1886 l'emploi des briques de carbone, qui sont employées aujourd'hui dans les fourneaux de grande dimension, produisant jusqu'à 500 *t* par jour, surtout en Amérique. Nous rappellerons ici que nous avons adopté nous-mêmes en 1894, aux forges d'Alais, un garnissage de creuset en graphite pilonné sur une enveloppe

en tôle et qui a donné d'excellents résultats ; toutefois, ce pilonnage est plus délicat d'exécution que la brique de carbone, le travail devant être plus soigné et plus régulier. La disposition Burgers est indiquée par le croquis *(fig. 7)*; un haut fourneau

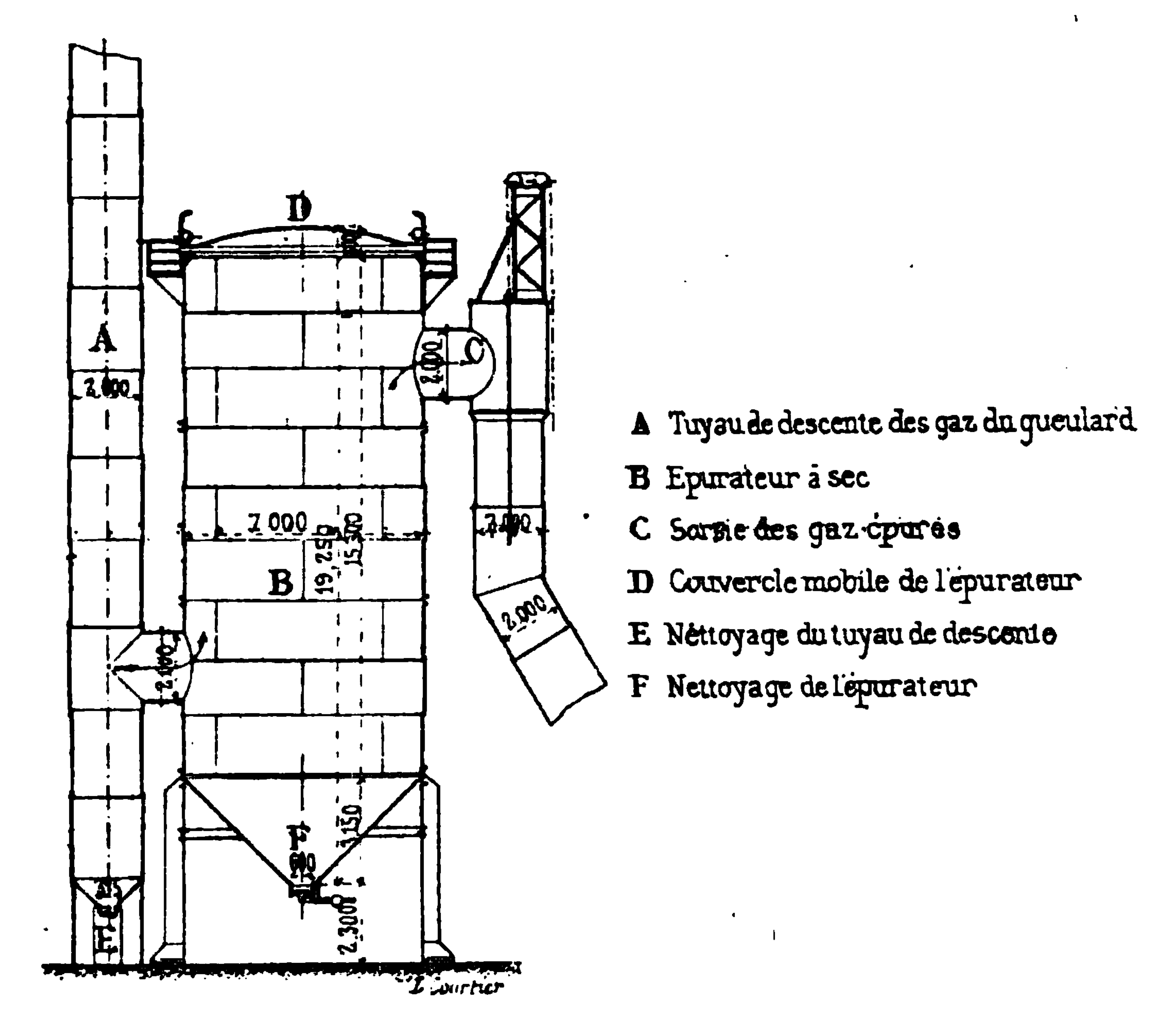


Fig. 8. — Épurateur à sec avec calotte mobile (construction Foelzer fils, de Siegen).

de ce genre, installé en 1899 aux usines « Vulkan », de Duisburg, produit 100 *t* par jour en fonte hématite à 2,5 — 3 0/0 *Si* ; une partie de la cuve seule est munie du revêtement en fonte, l'ouvrage, le creuset et la sole sont en graphite ; cette dernière matière est adoptée pour tous les fourneaux de cette usine. Les segments en fonte ont les joints ajustés et garnis d'amiante et de mastic de fer ; on leur donne une hauteur de 1 *m* à 1,50 *m* au plus, une largeur de 1,50 *m*, et les réunit par des boulons puis les maintient par des frettes de serrage en fer plat. La consommation d'eau du fourneau ci-dessus, qui a une capacité de 300 m^3, est de 6 *l* par mètre carré de surface refroidie (tuyères non comprises) et l'élévation de température de l'eau est en moyenne de 20°.

Une exposition intéressante au point de vue de la construction des hauts fourneaux est celle de la Maison **Fölzer fils (Siegen-**

Fig. 9. — Appareil Cowper à double régistre à vent chaud (construction Foelzer fils, de Siegen).

Lothringer-Werke), qui expose dans un pavillon spécial (n° 67 du plan) un modèle à 1/10 d'un **haut fourneau** moderne avec monte-charges, tuyauterie de gaz, d'eau, etc., trois appareils Cowper ($h = 30\,m$, $d = 7\,m$) et une batterie de chaudières.

La tuyauterie de gaz du gueulard mesure 2 *m* de diamètre et aboutit à un grand réservoir en tôle de 7 *m* de diamètre et 19 *m* de hauteur, où se déposent les poussières les plus grossières *(fig. 8)*. Ce réservoir présente cette particularité que la calotte supérieure mobile se soulève toute entière en cas d'explosion; nous pensons toutefois qu'un nombre convenable de clapets bien construits est préférable; cette disposition a été appliquée aux usines de Bruckhausen et Union-Dortmund.

Nous signalerons encore ici la disposition spéciale préconisée par les ateliers Fölzer fils pour **registres à vent chaud** et qui a été installée par eux à *Ilsede*, près Peine-Hanovre *(fig. 9)*. Les registres B et C placés sur la conduite de vent chaud à la sortie de l'appareil Cowper, peuvent être utilisés, soit simultanément, soit séparément si l'un d'eux est hors d'usage, pendant que l'appareil est au gaz; l'espace entre les deux registres est refroidi par un courant d'air circulant dans la tubulure F, dans l'espace D entre les registres fermés et dans la tubulure G pour venir contribuer ensuite à la combustion du gaz dans la cheminée H. Ce double registre peut présenter certains avantages, mais il nécessite un supplément de frais de première installation et l'on peut se demander si les registres en bronze à circulation d'eau ne sont pas préférables dans des conditions déterminées, et lorsque les gelées ne sont pas à craindre.

Au point de vue de la **fabrication proprement dite** de la fonte, l'exposition de Dusseldorf ne fournit que de vagues indications; l'exposition collective des usines du pays de Siegen (1) est la seule qui présente quelques données à ce sujet sous forme d'une colonne hexagonale, dont chaque face comporte une série de couches de coke, minerais et castine répondant à la consommation de ces matières par tonne d'une fonte déterminée; nous reproduisons ci-dessous les chiffres correspondants pour six échantillons de fontes de Siegen, savoir :

(1) Il y a en tout dans le pays de Siegen 21 usines comprenant 33 hauts fourneaux de dimensions très variables et qui fournissent ensemble un tonnage annuel de 600 à 700 000 tonnes de fonte; ces marques de Siegen sont, du reste, connues et font l'objet d'une exportation assez active.

Composition des chargements usités aux hauts fourneaux du pays de Siegen.

MATIÈRES ENTRANT DANS LA COMPOSITION DES CHARGES	POIDS DE MATIÈRES CONSOMMÉES POUR PRODUIRE UNE TONNE DE Fonte de puddlage	Fonte Spiegel	Fonte à acier	Fonte de moulage	Fonte Bessemer	Fonte au bois spéciale
	kg	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*
Coke	900	1 100	1 000	1 200	1 200	—
Charbon de bois	—	—	—	—	—	1 100
Castine	650	500	500	800	600	150
Hématite rouge de Siegen (Glanzeisenstein)	300	—	600	—	1 600	—
Hématite rouge de Nassau	400	—	—	1 700	—	900
Hématite brune de Siegen	400	—	—	—	300	—
Scories de réchauffage	200	—	—	—	—	—
Fer spathique grillé de Siegen	1 000	400	1 200	—	300	—
Fer spathique cru de Siegen	—	1 800	400	—	—	—
Hématite brune de Nassau	—	—	—	500	—	—
Hématite rouge de Suède (Eisenglanz)	—	—	—	—	—	900
POIDS TOTAL du lit de fusion par tonne de fonte	2 950	2 700	2 700	3 000	2 800	1 950
Rendement du lit de fusion 0/0	33,9	37,0	37,0	33,3	35,7	51,3
Rendement des minerais 0/0	43,5	45,4	45,4	45,4	45,4	55,6

Les analyses moyennes de ces fontes, correspondant aux charges ci-dessus, et dont nous indiquons en même temps les productions annuelles moyennes sont les suivantes :

TENEURS EN	FONTE de PUDDLAGE	FONTE SPIEGEL	FONTE à ACIER	FONTE de MOULAGE	FONTE BESSEMER	FONTE au CHARBON DE BOIS
Carbone	2,0 à 3,0	4,0 à 5,0	3,0 à 3,5	4,0 à 4,5	3,0 à 4,0	3,0 à 4,0
Phosphore	0,2 à 0,3	0,06 à 0,1	0,08	0.2 à 0,4	0,07	0,2
Cuivre	0,1 à 0,3	0,2 à 0,3	0,1 à 0,3	—	—	traces
Silicium	0,3 à 0,8	0,3 à 0,5	0,3	2,0 à 3,0	2,0 à 4,0	1,0 à 3,0
Manganèse	2,0 à 6,0	6,0 à 30,0	4,0 à 8,0	0,8 à 1,0	4,0 à 6,0	0,3 à 0,5
Soufre	0,01 à 0,04	0,1	0,01	0,02 à 0,03	0,01	traces
Production ann. moyenne. *t*	220 000	160 000	140 000	80 000	30 000	2 000

Au point de vue des produits des hauts fourneaux il nous reste à signaler encore l'exposition des usines d'**Aplerbeck** (Bruegmann, Weyland et C°) qui montrent à côté des échantillons de leurs fontes, principalement pour moulages, d'intéressants essais à la compression, à la flexion et à la traction; ces usines exposent aussi des boites à graisse et quelques produits moulés. Nous ne nous arrêterons pas aux cassures de gueusets qui figurent dans les expositions de presque toutes les usines fabriquant la fonte, notamment les fontes spéciales, ferromanganèses, etc., et citerons parmi les plus importantes celles de Krupp, Gutehoffnungshütte, Niederrheinische Hütte, Phœnix à Ruhrort, Rheinische Stahlwerke à Meiderich, etc., etc.

On sait que pour utiliser les **laitiers de hauts fourneaux**, autrefois jetés au crassier, la plupart des usines où la nature même des laitiers le permet, ont recours à la granulation et que ces laitiers sont broyés et utilisés pour la fabrication de **ciment de laitier**. Certaines Sociétés ont développé et perfectionné cette branche de la fabrication qui leur assure une réduction notable du prix de revient de la fonte, et livrent non seulement des briques ordinaires mais aussi du ciment genre « Portland » et des pierres artificielles de toute sorte.

C'est ainsi que le pavillon de la **Niederrheinische Hütte** de **Duisburg-Hochfeld** est construit tout entier en ciment de laitier contenant 1 de ciment pour 10 de sable pour les parties massives et 1 de ciment pour 3 de sable pour les parties profilées plus délicates; les chiffres de résistance par centimètre carré indiqués pour ces ciments sont :

Après	7 jours	14,0 *kg*	à la traction et	186,0 *kg*	à la compression.
—	28 —	22,6	—	302,8	—

Ils ont été utilisés pour un certain nombre d'autres pavillons de l'Exposition, notamment pour le socle du pavillon de la Gutehoffnungshuette, et pour les fondations de diverses machines.

Dans le pavillon des usines **Buderus (Wetzlar)** on retrouve une série d'échantillons des plus intéressants indiquant la marche suivie dans la fabrication du ciment de laitier; ils démontrent que l'addition de matières siliceuses, et spécialement dans le cas considéré, de laitier granulé, améliore le ciment au point de vue de la résistance après un temps déterminé et de la

constance en volume, jusqu'à rendre inutile un dépôt prolongé nécessaire pour les ciments Portland ordinaires. Pour obtenir le ciment dit « Portland-ferreux » *(Eisenportlandcement)* on fabrique tout d'abord des briques de ciment ordinaire auxquelles on ajoute après broyage une certaine proportion de laitier granulé. Le schéma ci-dessous *(fig. 10)* indique la marche suivie dans cette

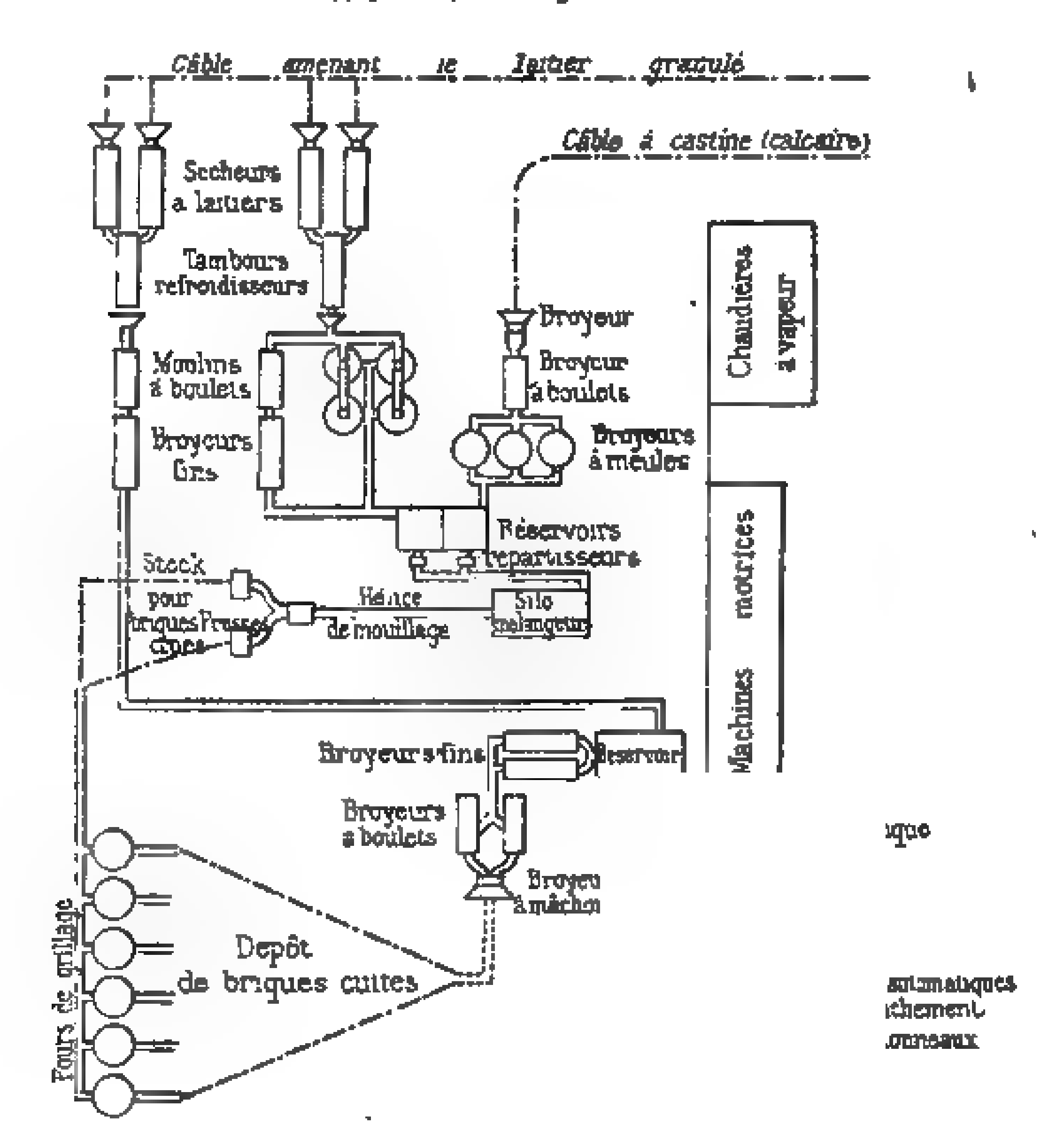


Fig. 10. — Schéma de fabrication du ciment portland-ferreux des usines Buderus à Wetzlar.

fabrication toute automatique réduisant la main-d'œuvre à un minimum.

Une éprouvette de ciment de 5 *cm*² portant un poids de 150 *kg* indique la résistance de cette matière (30 *kg* par *cm*²).

L'exposition des établissements Buderus nous fait voir en tous cas qu'un grand pas a été fait dans l'emploi rationnel du laitier granulé, fournissant aux hauts fourneaux un nouveau débouché pour une matière encombrante et réduisant par cette « reprise »

importante le prix de revient de la fonte. Une association allemande a de plus été formée pour développer et appuyer cette fabrication, en faire essayer et admettre les produits par les autorités compétentes, les propager et établir les conditions exactes de leur réception.

Utilisation des gaz de hauts fourneaux.

A première vue l'exposition de Dusseldorf nous démontre que l'Allemagne est entrée résolument dans la voie de l'emploi des moteurs à gaz de grande dimension appliqués à l'utilisation des gaz de hauts fourneaux; l'importance que présente cette question toute d'actualité nous oblige à nous y arrêter sans toutefois pouvoir entrer dans trop de détails et en laissant de côté les calculs d'économie qui nous entraîneraient hors du cadre de cette étude.

Nous nous trouvons à Dusseldorf en présence de trois types de moteurs bien distincts, savoir :

1° Le moteur à quatre temps représenté par la construction **Otto-Langen** de **Deutz**, près Cologne, et par celle plus récente de **Louis Soest et Cie** de **Reisholz**, près Dusseldorf (1).

2° Le moteur à deux temps à deux pistons opposés, du type **Oechelhaeuser**, exposé par les ateliers de **Cologne-Bayenthal**;

3° Le moteur à deux temps du type **Koerting**, à un seul piston, exposé d'une part par les **ateliers de Siegen** (anciennement Oechelhœuser), et, d'autre part, par la maison **Klein frères** de **Dahlbruch**.

Nous ne nous prononcerons pas ici sur le point de savoir quel est celui de ces moteurs qui doit être préféré pour l'utilisation des gaz de hauts fourneaux, la pratique seule pourra élucider cette question; les qualités d'un moteur à gaz appliqué à la métallurgie dépendent en effet, non seulement du principe de la machine et de certains détails de la construction, mais surtout aussi de la manière dont ce moteur se comporte à la longue, lorsqu'il est alimenté avec du gaz qui n'est pas épuré complè-

(1) Le moteur Delamare-Deboutteville qui figurait à l'Exposition de Paris 1900 n'est représenté à Dusseldorf que par des photographies des ateliers de la *Märkische Maschinenfabrik* de Wetter-sur-Ruhr, ceux-ci n'ayant exposé qu'une machine compound pour laminoirs.

tement, ainsi que ce sera le cas encore, au moins pendant un certain temps, pour nombre d'usines qui hésiteront devant le choix d'un épurateur; d'autre part, l'emploi des gaz de hauts fourneaux pour production de force motrice étant un principe relativement nouveau, on attachera encore pendant longtemps une moindre importance à la consommation de gaz par cheval-heure qu'à la manière dont les machines se comporteront à l'usage.

Les avantages et les désavantages des moteurs à quatre temps de petites et de grandes dimensions sont à peu près établis aujourd'hui, grâce aux nombreuses applications qui en ont été faites en ces dernières années, aussi bien pour le transport de force (dynamos) que comme souffleries de hauts fourneaux (Seraing, Differdange, etc.); les soufflantes Delamare-Deboutteville de 600 *ch* construites par les usines Cokerill d'abord, puis par les ateliers du Creusot, la Märkische Maschinenfabrik de Wetter-sur-Ruhr-Westphalie, et Breitfeld et Danek de Prague, fonctionnent aujourd'hui un peu partout, et donnent d'assez bons résultats avec des gaz épurés à 0,1 *g* de poussières par mètre cube.

En même temps que le moteur Delamare, ce sont ceux du système Otto, construits à Deutz, qui ont trouvé en Allemagne les applications les plus nombreuses en tant que moteurs de 300-500 et 1 000 *ch* (2 machines) appliqués à la production de l'électricité; le moteur de 1 000 *ch* Otto-Deutz actionnant dans le pavillon de Gutehoffungshütte une soufflerie à deux cylindres, est le premier construit pour cet usage spécial et les résultats pratiques ne pourront être établis qu'après fonctionnement aux usines d'Oberhausen auxquelles il est destiné.

Le moteur Œchelhæuser est déjà appliqué comme soufflerie depuis quelques mois aux usines d'Ilsede (Hanovre), et trois machines de 500 *ch* fontionnent depuis environ trois années à la station centrale d'électricité de Hœrde à côté d'un moteur Otto de 1 000 *ch*; quant au moteur Kœrting, il vient d'être appliqué à une soufflante à Duisburg-Hochfeld, il y a quelques mois à peine, et les essais ne durent pas depuis assez longtemps, dans les conditions d'épuration de gaz existantes, pour permettre une conclusion définitive.

Il semblait au premier abord que la machine Kœrting avec cylindre fermé de toutes parts, empêchant l'accès du piston, la vérification et le nettoyage du cylindre, dût présenter de graves

inconvénients en raison même de la nature du gaz de fourneau; cependant l'analogie que présente cette machine de par son aspect général, avec les machines à vapeur à tiroirs cylindriques auxquelles les ingénieurs d'usines sont habitués, paraît devoir la rendre sympathique entre tous.

Nous considérons du reste, pour notre part, que la question de l'**épuration des gaz de haut-fourneau** est dès à présent résolue, le gaz à 0,1 *g* de poussières par mètre cube étant parfaitement apte à assurer une marche normale durable d'un moteur, même dans les grands diamètres; certains appareils perfectionnés et dont on attend une épuration plus complète à 0,01 *g* seulement, voir même à 0,004 *gr* par mètre cube de gaz, pourront être employés plus tard en vue de supprimer les dernières traces de poussières dans les gaz destinés aux moteurs; l'entretien de ceux-ci sera alors réduit à un minimum; mais les épurateurs ordinaires (ventilateurs) pourront toujours être utilisés comme *préparateurs* pour ces appareils (Theisen ou autres analogues) et pour l'épuration sommaire à 0,1-0,3 *g* des gaz réservés aux appareils Cowper et, pendant un certain temps au moins, aux chaudières.

L'exposition ne fournit malheureusement aucune indication sur l'épuration des gaz et la question doit être étudiée dans les usines mêmes où elle a fait en ces derniers temps des progrès considérables et, pour ainsi dire, décisifs.

M. Theisen n'a pas exposé; quant aux ventilateurs de la maison **Schiele** de **Francfort-sur-Mein** qui sont, comme on sait, ceux que toutes les usines emploient pour épurer leur gaz par la force centrifuge avec injection d'eau, ils sont visibles dans un pavillon spécial (n° 56 du Plan), mais simplement comme ventilateurs et non comme *épurateurs*. Nous n'insisterons donc pas ici sur cette question et rappellerons seulement que la maison Schiele construit des ventilateurs de toutes dimensions et a introduit récemment un modèle nouveau à profil rectangulaire qui paraît très pratique. On a utilisé principalement jusqu'à présent pour épurer le gaz de fourneau le type Schiele de 1,500 *m* de diamètre d'ailes débitant 210 m^3 de gaz par minute à 830 tours et nécessitant environ 40 à 45 *ch*, admettant une injection d'eau de 1,6 *l* par mètre cube de gaz à épurer; avec le même type, mais de 2 *m* de diamètre d'ailes à 700 tours, on épure aux usines Cokerill un volume de 70 000 m^3 de gaz par

heure (soit 1 160 m^3 par minute) avec consommation d'eau maxima de 2 *l* par mètre cube, la force correspondante étant de 130 *ch* ; le degré d'épuration obtenu dans les deux cas est de 0,2 à 0,3 *g* de poussières par mètre cube, et il atteint 0,1 *g* si l'on emploie deux ventilateurs conjugués. Quant à l'aménagement du ventilateur Schiele pour l'injection d'eau aux points les plus convenables de l'enveloppe et pour l'évacuation des eaux sales, il ne présente aucune difficulté aujourd'hui.

Nous retrouvons encore au pavillon des mines un modèle d'une installation complète d'épurateurs de la maison **H. Breuer et Cie** de **Hœchst-sur-Mein** appliqués au gaz d'éclairage et de gazogènes : ce modèle nous rappelle les appareils installés par ces constructeurs aux usines Hœsch de Dortmund, où ils fonctionnent avec exhausteurs, caisses filtrantes, etc., en vue de l'épuration des gaz de fourneaux pour deux moteurs Otto-Deutz de 300 *ch*; nous voyons dans la même exposition un modèle d'épurateur **Zschokke**, genre scrubber, avec injection d'eau par le haut; les gaz arrivant par le bas passent en sens inverse entre des lamelles en bois inclinées destinées à éparpiller l'eau en pluie fine, tout comme cela se passe dans le refroidisseur du même contructeur; ces appareils ne peuvent, toutefois, présenter d'intérêt que si l'on connaît des résultats d'exploitation courante duement établis.

Les moteurs à gaz de la halle des machines étant actionnés par des gazogènes de divers systèmes, on y trouve aussi une série d'épurateurs, mais qui tous ne paraissent pas applicables aux gaz de haut-fourneau; ils sont basés généralement sur un barbotage, passage au scrubber à coke, caisse à claies avec sciure de bois, puis gazomètre de 100 m^3 environ pour chaque installation; deux de ces gazomètres présentent cette particularité que l'équilibre est obtenu par des ressorts au lieu des contrepoids usuels; la pression normale du gaz est d'environ 4 *cm* d'eau.

Les ateliers de Bayenthal sont les seuls qui aient exposé un épurateur mécanique en fonctionnement ; c'est le système Holmes à brosses végétales qui n'a été appliqué jusqu'à présent qu'à du gaz de gazogènes et à la récupération des goudrons et de l'ammoniaque ; des essais avec gaz de fourneau n'ayant pas encore été faits, nous ne pouvons nous prononcer sur l'efficacité de l'appareil dans ce cas particulier. L'épurateur exposé *(Pl.30, fig. 8 à 11)* est construit pour traiter 15 000 m^3 de gaz

à l'heure, il ne fait que six tours, correspondant ainsi à 250 m^3 de gaz par minute et nécessite 5 *ch* de force ; la longueur est de 3,040 *m*, le diamètre de 2,250 *m*, le poids est de 10 200 *kg* et le prix de vente sur wagon Cologne de 6 100 *mks* ; il est actionné par une petite dynamo avec transmission par vis et engrenages.

L'installation de production de gaz des ateliers de Bayenthal comporte un gazogène à coke ou anthracite (diamètre de cuve 1 700 *mm*, hauteur au-dessus de la grille 2 700 *mm*), pouvant fournir normalement 1 800 m^3 de gaz par heure, et atteindre le chiffre de 2 000 m^3 ; il suffit donc pour un moteur de 1 000 *ch* en admettant 2 m^3 de gaz par cheval-heure. Les gaz passent, au sortir du gazogène, dans un réchauffeur d'air de 24 m^2 de surface de chauffe, que traverse aussi, par tuyau spécial, la vapeur de l'injecteur d'air qui est ainsi surchauffée.

Ici se place tout naturellement une question intéressant aussi l'épuration des gaz des hauts fourneaux, quoiqu'elle puisse paraître d'un ordre tout différent : il s'agit du **refroidissement** soit des **eaux** provenant des épurateurs et qui doivent y retourner après dépôt des boues, soit d'eaux destinées à l'épuration et qui ne seraient pas suffisamment froides. Cette question semble, en effet, être plutôt du domaine de la mécanique et de la condensation de la vapeur, et si nous la traitons ici, c'est parce que nous considérons qu'elle est destinée à jouer un rôle dans l'épuration des gaz de fourneaux, en tant que pour cette épuration il est nécessaire d'avoir de l'eau *aussi froide que possible* et que dans beaucoup d'usines la quantité d'eau dont on dispose est limitée. Nous n'entrerons pas ici dans la discussion de l'utilité des eaux froides, mais nous nous contenterons de citer les refroidisseurs exposés.

Ce sont d'abord les deux refroidisseurs système **Balcke et Cie de Bochum**, que l'on voit fonctionner régulièrement à côté du palais des machines, où ils desservent une condensation centrale ; l'un est en bois et peut traiter 800 m^3 d'eau par heure ; il occupe une surface de 23 *m* × 8,10 *m* et mesure 24 *m* de hauteur, la cheminée est destinée au tirage naturel, les eaux étant éparpillées par des claies placées à la partie inférieure ; le second refroidisseur, de type tout nouveau, complètement métallique, est construit pour traiter 400 m^3 d'eau par heure ; la hauteur totale est de 35 *m* et les diamètres sont à la base de 6,50 *m*, pour la cheminée de 4,60 *m* ; dans ce système la maison

Balcke emploie des tôles perforées d'orifices de 2 *mm* et zinguées; on peut, toutefois, se demander si, malgré les facilités du nettoyage, ces tôles ne présentent pas des inconvénients en cas d'eaux légèrement boueuses comme ce serait le cas pour des eaux d'épuration décantées et nous pensons qu'il y aurait intérêt à employer des lamelles ou des cornières métalliques légères dans lesquelles les boues fines ne s'incrusteraient pas à la longue comme dans le bois, tout en procurant un nettoyage des surfaces par les eaux mêmes et évitant la pourriture qui se produit toujours après un certain temps, même avec les bois créosotés. Nous noterons ici les garanties de refroidissement avec tolérance de 5 0/0 qu'accepte la maison Balcke pour ses appareils en bois, dont les dimensions sont déterminées de cas en cas.

La température de l'air ambiant étant de :		Les eaux à refroidir étant à des températures de : 50°	45°	40°
—		—	—	—
25°	on refroidit à	30°	29°	28°
20°	—	28°	27°	26°
10°	—	27°	26°	25°
5°	—	26°	25°	24°
0°	—	25°	24°	23°
— 10°	—	10°	23°	22°

L'effet réfrigérant peut être, enfin, augmenté dans une forte proportion par l'emploi de ventilateurs, cependant l'installation est alors un peu plus coûteuse.

Derrière le pavillon des mines, nous trouvons encore un refroidisseur système **E. Blasberg et Cie** de **Dusseldorf**, basé sur l'emploi de claies en bois chargées de pierrailles rugueuses (roches basaltiques concassées) et espacées régulièrement.

Enfin la Maison **Klein Schanzlin & Becker** de Frankenthal nous montre, à côté de ses pompes bien connues, un petit modèle de refroidisseur à claies en bois, de type analogue aux précédents (1). Quoiqu'il en soit, nous devons constater que l'emploi de ces refroidisseurs à tirage naturel ou forcé a pris, en Alle-

(1) La maison Balcke est représentée en France par Arthur Koppel ; d'autre part, les ateliers Leclaire, de Montreuil-sous-Bois, construisent des refroidisseurs système Zschokke-Kaiserslautern, qui ne figurent pas cependant à l'exposition.

magne, une grande extension, ce qui paraît en démontrer l'utilité pratique incontestable.

Passant maintenant à l'étude des **moteurs à gaz** exposés, nous signalons en première ligne le moteur **Otto-Deutz de 1 000** *ch* installé dans le pavillon de la Gutehoffnungshütte (n° 95 du plan général) et actionnant une soufflerie à deux cylindres, construite par cette dernière Société dans les ateliers de Sterkrade à Oberhausen.

Le moteur comportant quatre cylindres de 250 *ch* chacun, fait normalement 120 tours; le diamètre des cylindres est de 840 *mm*, la course commune de 1 050 *mm*; le volant pèse 19 500 *kg* *(Pl. 31, fig. 12 à 15)*; la disposition d'ensemble est indiquée par la figure *(Pl. 31, fig. 12)*. Les figures 13 à 15 montrent d'autre part, dans ses détails, la moitié du moteur de 1 000 *ch* avec ses deux cylindres opposés, les bielles attaquant une seule et même manivelle; les pistons de ce moteur ne sont pas refroidis, mais nous pensons que l'on est arrivé à la limite extrême après laquelle le refroidissement s'impose; quant aux cylindres et à la distribution, le refroidissement en est particulièrement étudié.

La soufflerie correspondante présente ses deux cylindres de 1 850 *mm* de diamètre et 750 *mm* de course, avec écartement de leurs axes de 460 *mm*, ce qui nécessite un arbre de transmission coudé *(Pl. 31, fig. 16 à 19)*. A la vitesse prévue de 120 à 135 tours par minute, cette machine peut aspirer 1 000 m^3 d'air qu'elle comprime à 0,5 *kg*. Pour l'aspiration on emploie des robinets Corliss pouvant être réglés par une coulisse de façon à obtenir un retard à l'aspiration qui réduit la quantité de vent à 700 m^3 et porte la pression à 0,7 *kg* sans que le travail total du moteur en soit modifié. Pour le refoulement on a appliqué douze soupapes système Stumpf sur chaque fond de cylindre; ces soupapes ont 265 *mm* de diamètre, 26 *mm* de course maxima, et pèsent 2,3 *kg*.

Nous ne mentionnerons que pour mémoire la série complète de moteurs Otto-Deutz exposés en fonctionnement dans ce même pavillon; parmi ceux-ci, il y a un moteur de 200 *ch*, un autre de 40 *ch* avec dynamos sur l'arbre du volant et contribuant à l'éclairage du pavillon, puis des moteurs à pétrole, à benzine, à alcool, de toutes grandeurs, soit en tout trente-deux moteurs en marche fournissant 1 750 *ch* effectifs.

Si nous passons ensuite dans la halle des machines, nous trouvons réunis côte à côte les autres types de moteurs à gaz; c'est tout d'abord, par ordre d'ancienneté, le **moteur Oechelhæuser** construit par les ateliers de **Bayenthal-Cologne** et qui actionne un cylindre soufflant placé en tandem (1). On sait que le moteur Oechelhæuser n'a aucune soupape puisque ce sont les deux pistons se mouvant dans un seul cylindre qui découvrent les orifices; ces pistons, refroidis par un courant d'eau énergique, peuvent être facilement enlevés si l'on veut visiter ou nettoyer le cylindre; ce sont là des avantages réels auxquels on peut opposer la nécessité d'une pompe de compression spéciale pour le mélange d'air et de gaz et l'emploi d'un arbre à triple coude nécessité par le déplacement en sens opposé des deux pistons *(Pl. 31 fig. 20 à 22)*. Dans la machine de l'exposition le compresseur est placé en sous-sol et actionné par un plateau-manivelle de l'arbre du volant.

Les dimensions principales de cette machine, qui peut développer de 700 à 800 *ch* sont :

Diamètre du cylindre moteur. . .	775 *mm.*
Diamètre du cylindre à vent. . .	1 840 —
Course commune.	950 —

Dans ces conditions, la soufflerie peut aspirer, à 100 tours par minute, 500 m^3 d'air et les comprimer à 0,54 *kg* par centimètre carré.

Le constructeur prétend pouvoir régler la vitesse de la machine au moyen d'une valve d'admission de gaz dans les limites de 50 à 100 tours. Notons encore que le cylindre proprement dit est placé dans la gaine extérieure, de façon à pouvoir se dilater librement et éviter ainsi toute tension du métal par la chaleur développée.

Pour la mise en marche, on a installé un petit moteur électrique actionnant soit le volant (point mort) soit un petit compresseur fournissant l'air à 17 *kg* dans un réservoir spécial placé sous le sol; nous avons constaté une perte de pression pour la mise en marche du moteur de 4 à 5 *kg* seulement, ce qui est dû

(1) Rappelons que le premier moteur Oechelhæuser avec soufflerie, qui fonctionne depuis trois mois environ aux hauts fourneaux d'Ilsede (Hanovre) a été construit par les ateliers Borsig à Berlin; celui de l'exposition est donc le second de la série.

surtout à ce que le moteur électrique permet de placer les pistons dans la position la plus convenable pour l'introduction immédiate du mélange gazeux explosible.

Le cylindre soufflant de cette machine ne présente aucune particularité; le piston à vent est attelé directement à la traverse du piston arrière du moteur et la disposition de l'ensemble assure une grande stabilité.

A côté de la soufflerie précédente a été installée une **machine Kœrting** de 500 *ch* actionnant de même un cylindre soufflant placé en tandem et construite par la **Société de Construction de Siegen (anciennement Œchelhœuser).** Le cylindre à gaz a un diamètre de 635 *mm*, le cylindre à vent 1 750 *mm*, la course commune est de 1 100 *mm*, de sorte que le moteur alimenté au gaz pauvre de 950 calories peut aspirer à 100 tours un volume de vent de 500 m^3 par minute et le refouler à la pression de 0,4 *kg* *(Pl. 32, fig. 23 à 27)*. Le cylindre soufflant est presque identique à celui de la machine de 1 000 *ch* d'Oberhausen; l'aspiration se fait par robinets Corliss à admission variable et le refoulement par soupapes Stumpf; les robinets Corliss permettent de réduire la quantité de vent aspirée à 100 tours de 500 à 300 m^3 en portant la pression de 0,4 à 0,7 *kg*. Notons ici que la *Niederrheinische Hütte* de Duisburg-Hochfeld a mis en marche depuis quelques mois seulement une soufflerie identique dont le cylindre soufflant n'a cependant que 1 600 *mm* de diamètre (1).

Notons ici que les ateliers de Siegen construisent aussi bien les moteurs Oechelhaeuser que les machines Kœrting; il semblerait toutefois que le système Kœrting jouisse d'une faveur de plus en plus prononcée, par suite du mode de construction ainsi que nous l'avons indiqué précédemment, et parce que l'on est arrivé à obtenir facilement du gaz relativement exempt de poussières.

Un second **moteur Koerting** de 700 *ch* environ est exposé par les ateliers **Klein frères de Dahlbruch** : il actionne un laminoir à rails de mines de divers profils; c'est plutôt un moyen mill qu'un gros mill; le cylindre moteur de la machine a un diamètre de 750 *mm*, la course est de 1 300 *mm*, et

(1) Le gaz est fourni à ce moteur, à l'exposition, par un gazogène Kœrting de 800 m^3 par heure fonctionnant naturellement à allure très réduite; il est soufflé par un petit ventilateur Schiele avec électromoteur de 4,5 *ch*.

le volant fait normalement de 80 à 90 tours par minute; cette vitesse peut être réduite à 52 tours; les cylindres du dégrossisseur actionnés directement mesurent 600 × 1 700 *mm*, ceux du finisseur 500 × 1 800 *mm*; ces derniers actionnés par transmission par câbles font 106 tours. C'est la première application de moteur à gaz qui ait été faite à un laminoir et il sera intéressant de voir comment sera le fonctionnement réel, lorsque, par exemple, des résistances maxima dans le laminoir coïncideront avec la course à vide des pistons du moteur On peut aussi se demander si cette application est réellement pratique et s'il ne serait pas préférable de chercher à utiliser l'électricité pour tous les laminoirs comme cela se fait déjà, du reste, en partie pour les petits trains, réservant le moteur à gaz à l'actionnement des dynamos des stations centrales d'électricité et à celui des souffleries placées près des hauts fourneaux; cette question ne peut cependant être résolue que de cas en cas, et tenant compte de la disposition de chaque usine en particulier. Quoiqu'il en soit, nous devons constater l'extension prise, tout récemment, par les machines à gaz à deux temps de Kœrting, de grande dimension, extension qui nous paraît coïncider avec la réalisation pratique de l'épuration des gaz de hauts fourneaux au moyen de ventilateurs; les moteurs Kœrting, installés ou en construction aux ateliers Klein frères sont, en effet, les suivants :

Duisburg-Hochfeld : 1 soufflerie de 500 *ch.*

Donnersmarkhütte Silésie : 1 machine pour électricité, de 1.000 *ch.* (Une seconde identique en construction).

Gutehoffnungshütte : 1 machine pour électricité, de 500 *ch.* (Une seconde identique en construction).

Exposition Dusseldorf : 1 soufflerie de 500 *ch* et 1 machine de laminoirs de 700 *ch.*

Lakawanna-Works Buffalo : 5 machines pour électricité, de 1 000 *ch* chacune (en construction).

Usines Stumm (Neunkirchen) : 1 soufflerie de 600 *ch* (en construction).

Nous indiquerons enfin, sous toutes réserves cependant, et pour fixer les idées, quelques chiffres comparatifs que la maison Klein frères a établis en vue de faire ressortir le poids moindre de ses moteurs, par rapport aux moteurs à quatre temps, savoir :

	Syst. Delamare quatre temps un cylindre.	Syst. Otto-Deutz quatre temps quatre cylindres.	Syst. Kœrting deux temps un cylindre.
Diamètre des cylindres .	1 300 *mm*	660 *mm*	635 *mm*
Course des pistons . . .	1 400 —	850 —	1 100 —
Nombre de tours normal.	93	150	90
Force maxima	575 *ch*	600 *ch*	550 *ch*
Degré d'irrégularité. . .	1 : 20	1 : 130	1 : 80
Poids du moteur seul. .	94 000 *kg*	88 000 *kg*	58 000 *kg*
Poids du volant.	33 000 —	18 000 —	12 000 —
Total avec volant. . . .	127 000 *kg*	106 000 *kg*	70 000 *kg*

Nous arrivons enfin au moteur de 300 *ch* exposé par la Maison **Louis Soest et C[ie]**, de **Reisholz**, près Dusseldorf et qui mérite d'être signalé, par suite de sa construction paraissant bien étudiée ; c'est un moteur à quatre temps, à deux cylindres jumelés de 150 *ch* chacun ; le constructeur a mis à profit les expériences fournies par les autres moteurs à quatre temps qui ont ouvert la voie à ce système et revendique pour ses machines la solidité, la simplicité de la distribution, la facilité du remplacement de toutes les pièces soumises à une usure quelconque, le refroidissement bien compris des pistons, etc. (*fig. 11*). Le moteur exposé fait normalement 140 tours, et son poids, non compris le volant, est de 44 000 *kg*. Les ateliers Soest ont adopté onze types de moteurs à un cylindre de 35 à 600 *ch* et onze types de moteurs à cylindres jumelés de 70 à 1 200 *ch* ; ils rejettent le principe des cylindres opposés et construiront, s'il y a lieu, des cylindres en tandem, ainsi que le fait déjà, du reste, la Société Cockerill, la Märkische Maschinenfabrik et d'autres (1).

Avant de terminer cette étude un peu sommaire, si l'on considère l'importance de cette question des moteurs à gaz, nous ajouterons encore quelques observations relatives aux **gazogènes spéciaux** que l'on rencontre à l'exposition de Dusseldorf. A côté des gazogènes ordinaires connus de la Maison **Poetter** (prise d'air par les piédroits et un cône central) et autres, on remarque un modèle de gazogène **Dellwik-Fleischer**, de Francfort, pour

(1) Le moteur Louis Soest est alimenté par un gazogène du système H. Hirzel, de Leipzig, brûlant de l'anthracite; une petite chaudière verticale fournit la vapeur de soufflage.

fabrication du gaz à l'eau, d'un emploi spécial pour soudure de tubes (Rath) puis un **gazogène à aspiration** des ateliers de Deutz combiné avec un moteur de 12 *ch*; c'est le moteur qui aspire l'air et la vapeur dans le gazogène, de sorte qu'il règle lui-même la production de gaz; pour la mise en marche seule, on se sert d'un petit ventilateur de secours; la consommation de

Vue en bout (distribution)

Fig. 11. — Moteur Louis Soest et Cie, de Reisholz, pour gaz de haut fourneau.

combustible (houille-anthracite) ne serait, avec ces appareils, que de 0,5 *kg* par cheval-heure effectif; on a essayé aussi ce système sur un moteur de 20 *ch* employant de l'anthracite à 0,49 0/0 d'humidité, 2,71 0/0 de cendres et donnant 8 301 calories par kilogramme, et on a trouvé une consommation de combustible par cheval-heure de 0,446 *kg*.

Nous croyons enfin devoir appeler tout particulièrement l'attention sur un **gazogène au lignite** exposé aussi par les ateliers de **Deutz**, au nord de la halle des machines, où il actionne un moteur de 60 *ch*. Eu égard à l'économie résultant de l'emploi possible d'un combustible à bon marché, malgré sa haute teneur en eau, comme c'est le cas pour le lignite ordinaire, . est intéressant d'indiquer les résultats qu'a fournis un essai de trois mois, d'après lequel la consommation de combustible est moitié moindre de ce qu'elle serait si la même matière était brûlée sous des chaudières :

Essais de lignites au gazogène des ateliers de Deutz.

		CHARBON de BRÜHL	CHARBON de HORREM	CHARBON de STYRIE
Composition du charbon cru sortant de la mine.	C. 0/0	23,86	29,780	44,22
	H.	1,82	2,030	3,58
	Az + O . . .	9,21	11,975	18,26
	S.	0,29	0,085	0,29
	Cendres. . . .	4,64	2,180	5,86
	Eau	60,18	53,950	27,79
	Total.	100,00	100,000	100,00
Substances combustibles. 0/0		35,18	43,87	66,35
Valeur calorifique de 1 *kg* de charbon en calories		1 770	2 365	3 800
Composition des gaz produits.	CO². . . . 0/0	8 à 9	7 à 8	3,85
	CO	23 à 25	27	28,70
	H.	12 à 13	13	13,65
Substances combustibles. 0/0		35 à 38	40	42,35
Valeur calorifique moyenne des gaz, calories par mètre cube.		1 100	1 250	1 300
Rendement en gaz par 1 *kg* de charbon en mètres cubes		1,13	1,53	2,20
Consommation de gaz par cheval-heure en mètres cubes		2,6 à 2,8	2,3	2,2
Consommation de charbon par cheval-heure en kilogrammes.		2,3	1,5	1,0

En dehors de ces essais, les ateliers de Deutz ont aussi employé de la **tourbe** d'Augustfehn (Oldenbourg) contenant 16,57 0/0

d'eau; la consommation à ce gazogène n'a été que de 1,27 *kg* par cheval-heure. Ces mêmes combustibles brûlés sous des chaudières auraient donné un chiffre de consommation de 4 à 5 *kg* par cheval-heure.

A la suite des expériences ci-dessus, les ateliers de Deutz font ressortir en faveur de ce nouveau gazogène à lignite les qualités suivantes :

1° Sécurité et régularité de marche au moins égale à celle des gazogènes à la houille ou au coke;

2° Simplicité du chargement (une charge par heure) et de l'enlèvement des scories (une fois par poste);

3° Le charbon peut contenir jusqu'à 60 0/0 d'eau sans inconvénient et peut être chargé sans triage (tout-venant);

4° Enfin, et ce dernier point est important, à notre avis, pour les usines qui peuvent n'avoir besoin de gazogènes que de cas en cas, ou à des intervalles réguliers, le gazogène Deutz à lignites *ne s'éteint pas*, même pendant un arrêt de quinze jours, après lequel il ne faut qu'un soufflage d'un quart d'heure pour remettre en marche.

MOULAGES EN FONTE, FONTES MALLÉABLES, ACIERS ET ALLIAGES SPÉCIAUX

La fonderie de fonte proprement dite voit ses débouchés réduits successivement en proportion même du développement des moulages en acier, aussi l'exposition de Dusseldorf ne présente-t-elle, dans cette section, que peu d'objets nouveaux ou intéressants. On trouve exposées en acier la plupart des pièces qui, autrefois ne se fabriquaient qu'en fonte, telles par exemple, les cages de laminoirs, les cylindres de laminoirs les plus divers, même ceux pour profilés, les cylindres pour pompes (surtout ceux pour pompes d'épuisement) les parties les plus compliquées pour moteurs à vapeur et à gaz, enfin les bâtis de machines les plus divers.

Les **cubilots** ne sont représentés que par la maison **H. Hammelrath** de **Cologne**, qui expose deux appareils à double enveloppe destinée à échauffer le vent avec deux rangs de tuyères et avec ou sans avant-creuset (genre Krigar). Le cubilot n° 0 est muni d'un petit ventilateur et peut fondre 300 à 400 *kg* de fonte

à l'heure, il est placé sur deux tourillons permettant le renversement; le cubilot n° 1 est fixe et fournit 600 à 700 *kg* par heure.

Toutes ces dispositions n'ont, en réalité, rien de bien nouveau et ont été brevetées et appliquées autrefois sous des formes variées (1).

A côté de ces cubilots, la maison Hammelrath expose une série de **fours à creusets** soufflés du genre Piat, et dénommés « fours de fusion réformés »; ils sont tantôt fixes (creusets de 15 à 300 *kg*) tantôt à renversement (creusets de 60 à 500 *kg*), une installation oscillante ne se justifiant que par une certaine dimension de l'appareil.

Comme matériel de fonderie, nous signalerons seulement les **poches à diaphragme** (*fig. 12*) construites par la maison **Senssenbrenner**, de **Oberkassel** (Dusseldorf) avec lesquelles le métal peut être coulé sans interposition de scories, ainsi que l'indique le croquis; le diaphragme est garni d'un enduit en argile réfractaire adhérent à la tôle percée de trous; cet appareil est connu depuis longtemps.

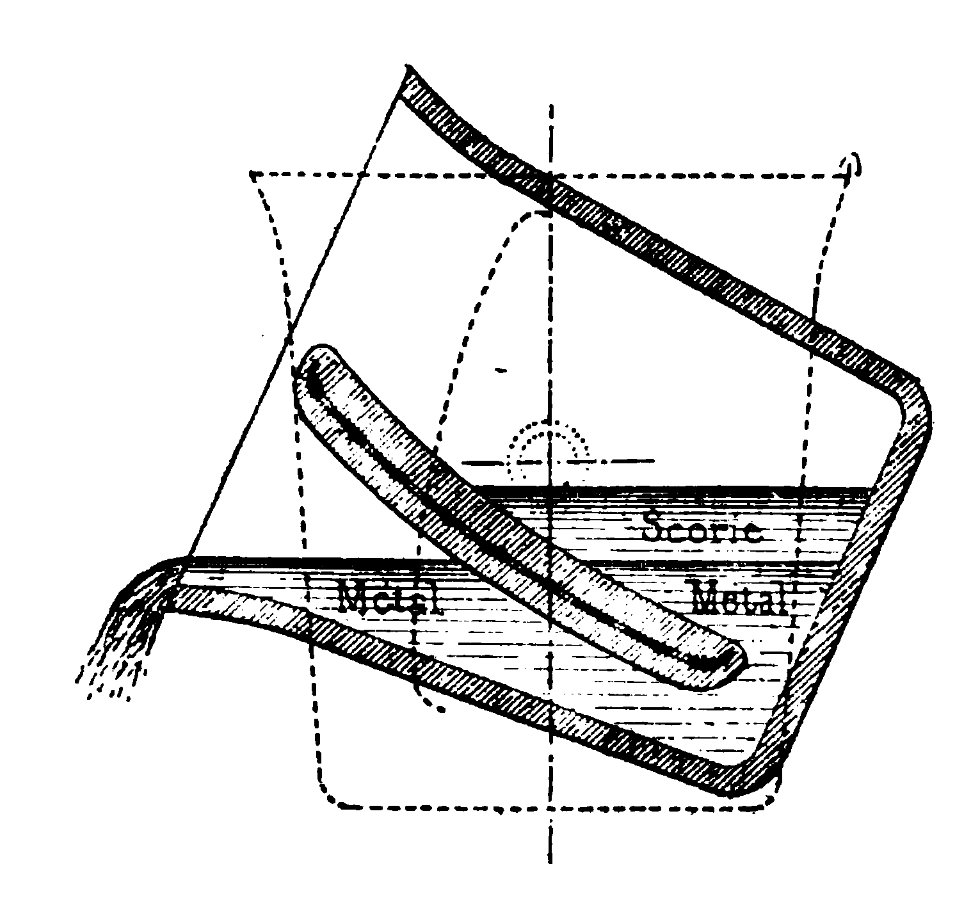


Fig. 12. — Poche de coulée à diaphragme.

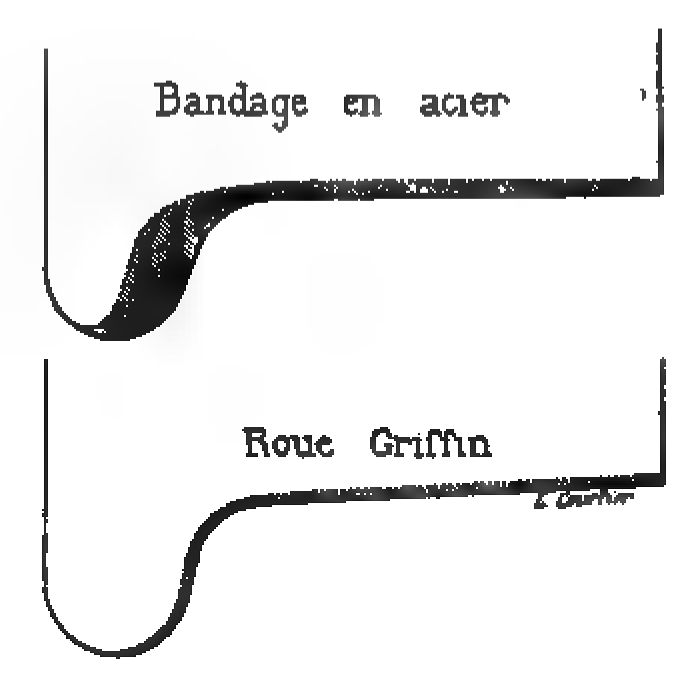
Dans la catégorie des **machines à mouler**, nous n'avons trouvé que l'exposition **Jules Wurmbach**, de **Bockenheim** (Francfort) comprenant deux machines à mouler les roues d'engrenages.

Les **pièces de fonte moulée** sont représentées, bien entendu, par toutes les machines-outils et autres figurant à l'exposition; la **Niederrheinische Hütte** qui dispose, à côté de ses hauts fourneaux, d'une fonderie parfaitement agencée, nous montre dans son pavillon deux modèles à échelle réduite de bâtis de poinçonneuse et cisaille et une lingotière pour lingots de 50 *t* pesant elle-même 30 *t*. Les fonderies de **Haniel et Lueg** ont

(1) Voir notre étude sur *les Cubilots pour la fusion de la fonte* présentée à la Société des Ingénieurs Civils, par M. S. Jordan, en 1887.

exposé un anneau de cuvelage en fonte de 4,10 *m* de diamètre en une seule pièce, la **Gutehoffnungshütte** des lingotières et pièces diverses pour ses machines construites aux ateliers de Sterkrade, les usines **Buderus**, des tuyaux en fonte coulés debout, dans un atelier installé récemment, et ainsi de suite.

Nous devons encore une mention spéciale aux fontes moulées trempées de **Grusonwerk** (pavillon Krupp), notamment aux **roues Griffin** en fonte trempée avec toile à nervures, aux cylindres, pièces de broyeurs, etc. Le procédé Griffin n'a été acquis par la maison Krupp que récemment, en vue d'en déve-



Roue Griffin normale pour wagons.

Profils comparés de deux roues essayées sur une même voiture de la banlieue d'Anvers après 15.000 kilomètres.

Fig. 13.

lopper la fabrication pour l'Allemagne; ces roues *(fig. 13)* sont caractérisées par l'usure presque nulle de la surface de roulement. Les usines européennes qui s'adonnent à cette fabrication d'origine américaine étaient, jusqu'à présent, au nombre de six, auxquelles viennent de se joindre Grusonwerk pour l'Allemagne, les « Aciéries d'Odessa » et la « Russo-baltique » à Riga, pour la Russie; les six maisons sus indiquées ont produit en 1900, les quantités de roues Griffin suivantes :

Autriche : Ganz et Cie, à Leobersdorf, près Vienne	20 697 roues
Hongrie : Ganz et Cie, à Budapest	23 205 —
Angleterre : British Griffin Company Barrow . .	14 963 —
France : Société française Griffin, à Gorcy (Meurthe-et-Moselle)	8 110 —

Belgique : Société belge Griffin, à Merxens-lez-Anvers. . . . . 7 195 roues

Italie : Société italienne Franchi-Griffin, à Brescia 2 995 —

On peut cependant se demander avec raison si réellement il y a intérêt à développer une fabrication de roues en fonte alors que les progrès des moulages en acier en font prévoir la suppression plus ou moins prochaine, malgré le prix de revient un peu moindre de la fonte.

Mentionnons encore parmi les moulages de fonte ordinaires, ceux de la **Emscherhütte**, de **Laar** (chaudières et chaudrons) de **G. et J. Jaeger**, d'**Elberfeld** (boîtes à graisse pour chemins de fer, fontes de construction diverses), de la **Isselburger Hütte** (fontes d'ornement, installations d'écuries et étables métalliques, etc.).

Les **cylindres en fonte trempée** sont, on le sait, une spécialité du pays de Siegen, les fontes de cette région présentant au point de vue phosphore et manganèse des teneurs qui, d'après nos expériences personnelles, paraissent précisément nécessaires pour obtenir, non seulement une trempe convenable, mais aussi des cylindres ne se criquant pas trop facilement.

C'est la maison **Émile Peipers**, de **Siegen**, qui expose le cylindre à grosses tôles le plus remarquable de la série par ses dimensions; il mesure, en effet, 4 000 *mm* de table sur 1 100 *mm* de diamètre, pèse 32 000 *kg* et est destiné aux laminoirs Thyssen et C°, de Mülheim-sur-Ruhr; un second cylindre de la même fonderie pour trio Lauth, mesure 3 000 × 540 *mm*, enfin un cylindre à cannelures en fonte trempée a 1 800 × 500 *mm*.

La fonderie **Koelsch et Cie**, de **Siegen**, nous montre un cylindre à grosses tôles rivalisant avec le grand modèle Peipers; il mesure de même 4 000 × 1 100 *mm*, mais ne pèse que 31 000 *kg*; un cylindre de 2 500 × 780 *mm*, pesant 10 000 *kg* est exposé, brut de fonderie, sauf pour les tourillons et les trèfles.

Ces grands cylindres ont les dimensions maxima admissibles pour la fonte trempée ; pour les grands laminoirs où l'on ne peut augmenter le diamètre à volonté (par exemple pour les tubes Ehrhardt), on n'emploie plus que des cylindres en acier, soit coulés, soit forgés, dans certains cas.

Les autres exposants de cylindres en fonte trempée sont :

Gontermann, de **Siegen** : cylindres à tôles, 4 000 × 960 *mm*, 26 168 *kg* ;

H. Irle, de **Deuz**, près Siegen : petits cylindres polisseurs ou à gradins, ces derniers appliqués à un double-duo Banning ;

Aug. Schmitz, de **Dusseldorf** : spécialité de cylindres et petits laminoirs à froid pour feuillards fins, cylindres gravés pour impressions sur métaux et étoffes.

On trouve encore des cylindres trempés dans un grand nombre d'autres expositions, notamment dans celles de **Fölzer fils**, de **Achenbach fils**, de Buschhütten ; **Carl Busch**, de Weidenau ; **Spies et C°**, de Geisweid, etc., etc.

A côté de la fonte ordinaire se placent, naturellement, les **fontes malléables** représentées par une série de maisons spécialistes, savoir notamment :

L. Koch, de Siegen-Sieghütte (roues de wagonnets avec graisseur spécial, versoirs de charrue en acier au creuset) ;

Inden frères, de Dusseldorf (pièces de tuyauterie en fonte malléable et fer) ;

H. Bovermann, de Gevelsberg (fontes ordinaires et malléables, pièces pour machines agricoles et autres, production annuelle : 4000 *t*) ;

F. W. Killing, de Hagen (pièces en fonte et acier au creuset pour chemins de fer et outillage divers) ;

Sülzer Eisenwerk (Fremery et Stamm), de Cologne (fontes malléables et moulages « Meteor » parmi lesquels on remarque des clous pour chaussures et des fers à cheval en métal coulé brut) ;

Indick frères, de Velbert (produits divers en fonte malléable), et bien d'autres que nous ne pouvons citer ici.

Certains produits demandant de la résistance jointe à l'élasticité du métal, les fabricants spéciaux ont passé insensiblement de la fonte malléable à l'acier au creuset puis au fer fondu fabriqué au creuset ; le précurseur de ces métaux a été le « fer mitis » (1), puis on a eu le procédé *Haberlandt* ; aujourd'hui, nous nous trouvons en présence de la « fonte réformée » fabriquée d'après le procédé Leffer et Bosshardt et des aciers Mönkemöller.

(1) La charge d'un creuset pour fer mitis se compose essentiellement de 30 *kg* de fer extra doux de première qualité (suédois) et de 50 *g* d'aluminium pur placé au fond du creuset ; on connaît l'influence de l'aluminium sur la fluidité du métal. Dans les nouveaux mélanges, dont la composition n'est pas indiquée par les promoteurs des procédés, nous pensons que l'on emploie du manganèse, du chrome, du tungstène, etc., pour obtenir la dureté et que le nickel y joue un certain rôle analogue à celui qui lui est dévolu depuis plusieurs années dans les moulages spéciaux.

La **fonte réformée** (Reformguss) de la fonderie de **Klettenberg,** à Cologne-Sülz, est produite dans un four spécial à quatre creusets de 40 à 50 *kg* ; le foyer au coke est soufflé et la durée de la fusion est d'environ 1 heure et demie, la température atteignant 1 600 à 1 800°. Le métal étant très tenace, les masselottes doivent être enlevées à la cisaille ou à la scie ; les qualités de dureté et de soudure, l'absence de soufflures et la possibilité de forgeage sont démontrées par de nombreux échantillons exposés (Palais de l'Industrie), entre autres par des limes coulées brutes, des enclumes d'une belle sonorité, des marteaux, des ciseaux à froid, un petit ressort en spirale forgé, des arbres pour petits moteurs à gaz jusqu'à 60 *kg*, des manivelles, bielles et pièces diverses pour machines et surtout pour automobiles. La classification adoptée est la suivante :

	RÉSISTANCE À LA RUPTURE kil. par mill. carré	LIMITE D'ÉLASTICITÉ kil. par mill. carré	ALLONGEMENT POUR CENT (sur 200 millim.)
I. Fer doux	41	20,5	18,5
II. — fondu.	44	24,0	14,7
III. Acier soudable.	46	27,0	9,8
IV. — fondu	52	39,5	1,8

Ces essais à la traction sont faits bien entendu sur des éprouvettes non forgées ; les surfaces rugueuses des échantillons exposés permettent cependant de conclure à un point de fusion très élevé de cet alliage (1).

A côté de l'exposition ci-dessus nous rencontrons des produits analogues de l'usine **F. Mönkemöller et Cie**, de **Bonn.**

Les aciers Mönkemöller paraissent se couler plus facilement que la fonte réformée, la surface est plus lisse ; on les fabrique de même dans un four à quatre creusets donnant une température très élevée qui permet de couler de très petites pièces ; toutefois, on préfère ne pas descendre en dessous de 1 *kg* et employer pour les objets très petits de la fonte malléable que cette usine fabrique concurremment avec l'acier.

Le métal ne présente pas de soufflures et les essais de résis-

(1) Le procédé Leffer-Bosshardt est représenté, en France, par le « Syndicat de la fonte réformée » qui a son siège à Paris, rue Vivienne, 58.

tance et de pliage à froid sont excellents ; la classification Mönkemöller ne comprend que deux catégories de métal, mais l'usine fournit toute l'échelle des duretés à volonté, savoir :

I. — FER FONDU AU CREUSET		II. — ACIER FONDU AU CREUSET	
RÉSISTANCE à la rupture kilogr. par millim. carré	ALLONGEMENT pour cent (sur 200 millimètres)	RÉSISTANCE à la rupture kilogr. par millim. carré	ALLONGEMENT pour cent (sur 200 millimètres)
33,8	25,4	66,0	11,2
38,3	20,0	69,8	12,5
39,4	19,5	78,5	10,1
40,5	21,5	78,8	7,5

D'autres essais plus récents faits, comme les précédents, sur des éprouvettes simplement coulées et non forgées, ont donné :

N° 1	fer fondu .	R : 38,2 *kg*	Allong[t] :	34,0 0/0
2	—	38,3	—	34,5
3	—	39,2	—	36,8
4	—	39,3	—	35,5
5	—	44,7	—	21,4
6	acier fondu	58,7	—	17,3
7	—	61,3	—	17,2

On remaque ici surtout l'allongement obtenu avec les éprouvettes n[os] 3 et 4 pour une résistance à la rupture de 39 *kg*.

Nous citerons enfin comme présentant un intérêt plus immédiat, les essais faits au Conservatoire des Arts et Métiers de Paris, datés du 16 mai 1902, et qui ont donné les résultats ci-dessous :

N[os] des éprouvettes	DIAMÈTRE en millimètres	SECTION en millim. carrés	LONGUEUR utile en millimètres	LIMITES ÉLASTIQUES APPARENTES		CHARGES DE RUPTURE		ALLONGEMENTS		STRICTION $\frac{S-s}{S}$
				totales	p. millim. carré	totales	p. millim. carré	totaux	0/0	
				kg	*kg*	*kg*	*kg*	*mm*		
1	20	314	144	6 430	20,47	12 357	39,35	41,5	28,80	0,57
2	20	314	144	6 200	19,74	12 710	40,47	42,0	29,16	0,47(1)
3	20	314	144	5 630	17,92	10 800	34,39	48,0	33,3	0,51
4	20	314	144	6 800	21,65	12 470	39,71	40,0	27,8	0,60
5	20	314	144	7 320	23,31	14 210	45,25	36,0	25,0	0,31(2)

(1) Rupture à 35 *mm* d'une tête.
(2) Rupture à 30 *mm* d'une tête.

A côté de la question de qualité qui parait résolue d'après les chiffres ci-dessus, se place naturellement une question tout aussi importante, c'est celle du *prix de revient*; nous ne pouvons cependant entrer ici dans un détail de ce genre, et devons nous contenter de rappeler que le prix de vente moyen, en Allemagne, des pièces fabriquées par l'un ou l'autre des procédés sus-mentionnés, est d'environ 70 marks par 100 *kg*, et que le bénéfice, tenant compte des frais généraux et amortissement, atteint 10 à 12 marks par 100 *kg*.

En ce qui concerne la fabrication des **aciers au creuset** proprement dits, nous trouvons plusieurs expositions d'aciers pour outils, mais l'exposition la plus complète paraît être celle de la maison **Krupp**, d'Essen, sans que nous puissions toutefois conclure des échantillons exposés au mode de fabrication.

Nous croyons intéressant de reproduire ici la classification que les usines Krupp adoptent pour leurs aciers spéciaux, ceux-ci étant pour la plupart fabriqués au creuset ; nous supposons toutefois que certaines catégories, notamment, les essieux, manivelles, bandages pour roues de wagons et les tôles laminées de tout genre sont en acier Martin, soit sur sole basique, soit sur sole acide, le choix du procédé étant déterminé aussi bien par les matières premières consommées, que par les duretés à obtenir :

Nous ne mentionnerons enfin que, pour mémoire, les principaux exposants d'**alliages** et **métaux spéciaux**, qui nous montrent pour la plupart leurs produits, sans indications relatives à la fabrication proprement dite, dans le Palais de l'Industrie; ce sont, entre autres :

1° La Société du **Métal Delta**, de Dusseldorf : produits nombreux fabriqués à la presse, coussinets, arbres, etc.;

2° **Dürener Metallwerke**, de Düren : métal analogue au précédent, très employé pour constructions navales et matériel de chemin de fer ; il y a des étuis à cartouches de toutes dimensions, des bronzes de diverses compositions et divers usages, des fils laminés et tréfilés, etc.;

3° **Glyco-Metall**, de Wiesbaden : coussinets en métal antifriction ;

4° Société de la **Vieille-Montagne** (Altenberg) : produits en zinc de toute sorte, tuiles métalliques, etc.;

5° Association des **fabricants de zinc**, dont les produits sont

Classification des « Aciers spéciaux » Krupp.

CATÉGORIE DES ACIERS	DÉSIGNATION DE QUELQUES PRODUITS	RÉSISTANCE	LIMITE D'ÉLASTICITÉ	ALLONGEMENT	CONTRACTION
		kg par mm^2	*kg* par mm^2	0/0	0/0
A Aciers à limite d'élasticité élevée et fort allongement.	Essieux de wagons et locomotives	54,6	44,6	23,8	58,4
	Manivelles diverses.	62,6	46,2	20,8	53,2
	Bielles	67,2	50,8	19,8	57,4
	Boulons pour presses hydrauliques	75,7	56,5	19,0	61,0
	Tiges de pistons pour pilons.	86,7	69,0	14,8	59,0
B Aciers présentant une résistance à la rupture et une limite d'élasticité très élevées.	Disque pour turbine	95,8	73,0	14,2	39,2
	Cylindre à presse hydraulique.	104,3 129,0	61,0 86,7	14,3 10,0	52,0 40,0
	Languettes de 3,5 *mm* d'épaisseur pour sirènes .	168,9	145,6	8,0	16,2
	Lames de ressorts de 90 × 13 *mm*.	151,5 169,0	115,3 119,0	5,7 4,8	27,2 26,8
C Aciers spéciaux durs ne s'usant pas au frottement.	Barres rondes pour pièces de machines.	86,7	40,8	23,0	28,7
	Rails en acier spécial.	78,6	39,5	13,7	48,2
	Bandages en acier spécial	91,4 93,7	50,6 48,6	12,0 12,4	29,6 20,0

D Aciers à outils.	Pour burins, forets, fraises, scies, outils de tour en « acier rapide ».				
E Aciers résistant spécialement aux influences atmosphériques et à l'action de l'eau; forte teneur en nickel, haute résistance et allongement; ne se trempent pas.	Tôle laminée de 8 *mm* d'épaisseur pour navires . Tube étiré pour chaudière marine . . . . Soupape à vapeur ou à eau	56,6 58,4 62,8 64,5 67,2	23,0 25,6 26,5 24,9 24,8	45,0 43,1 41,2 40,8 40,4	56,0 58,0 48,6 67,9 63,0
F Aciers présentant des propriétés magnétiques et électriques spéciales.	*a)* acier à faible résistance électrique livré sous forme de. . . . . { fil de fer de 0,5 à 5 *mm*; feuillards de 0,2 à 2 *mm* × 10-200 *mm*. tôles de 0,5 à 5 *mm* d'épaisseur. *b)* Acier et fers à haute conductibilité électrique . . . . { Les aciers sont fabriqués pour rails de tramways électriques, les fers pour conduits électriques. *c)* Pièces moulées pour dynamos, tôles pour dynamos. *d)* Aciers à aimants permanents, appareils de mesure électrique.				
G Aciers à coefficient de dilatation déterminé.	*a)* Acier à coefficient de dilatation très réduit, environ $0,8 \times 10^{-6}$, pour instruments de précision, horlogerie, etc. *b)* Acier ayant le coefficient de dilatation du verre et du platine, environ $8,6 \times 18^{-6}$, pour instruments d'optique, lunettes astronomiques, etc.				

réunis dans un pavillon spécial (n° 69 du plan); les produits bruts proviennent cependant pour la plupart de Silésie; pour les qualités supérieures, on emploie des zincs importés. Les participants à cette exposition, qui contient des échantillons de tous les produits que l'on peut fabriquer avec le zinc, sont au nombre de sept, savoir :

Société de Stolberg, Aix-la-Chapelle; Société W. Grillo, Oberhausen; Prince Hohenlohe, Silésie; Comte Donnersmark, Tarnowitz, en Silésie; Grove et Welter, de Cologne; Märkisch-Westphälischer Verein, à Lemathe; enfin la Société Silésienne, de Lipine.

6° Société **Elmore**, de Schladern-sur-Sieg : produits en *cuivre électrolytique* remarquables; nous mentionnerons notamment des tubes en cuivre sans soudure, des cylindres dont l'un mesure 6 *m* × 2,50 *m*, des tuyaux et autres pièces en fer recouverts de cuivre et destinés à des appareils spéciaux ne pouvant être exécutés en fer;

7° **Heræus**, de Hanau : ustensiles divers en *aluminium* pur, soudures obtenues par un procédé spécial breveté, ainsi que des objets en *platine*. C'est ce même constructeur qui construit les pyromètres spéciaux pour températures jusqu'à 1 600° et des fours électriques;

8° **Fleitmann Witte et C°**, de Schwerte, exposent enfin les produits de leurs laminoirs à *nickel*, des tôles, des fils de nickel, des tubes et ustensiles divers de ce métal.

Aluminothermie. Nous retrouvons, dans le joli pavillon de style assyrien du D[r] **H. Goldschmidt**, une branche de fabrication connue déjà depuis quelque temps et qui, par son caractère, peut prendre place dans le chapitre relatif à la fonderie et aux alliages spéciaux; il s'agit ici de la fabrication de certains métaux ou alliages au moyen d'oxydes de ces métaux mélangés à l'aluminium pur (1).

Les procédés pour la soudure des rails, tuyaux, etc., sont connus et des expériences sont faites chaque jour à l'Exposition même; nous ne retiendrons donc ici que la fabrication de métaux

(1) Voir relativement aux procédés Goldschmidt la communication faite par notre collègue M. F. Clerc au Congrès des Mines et de la Métallurgie en 1900 (*Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, 1901), puis celle faite par l'inventeur lui-même à la Société des Métallurgistes allemands à Dusseldorf, reproduite dans *Stahl et Eisen*, n° 11, 1901.

non carburés, tels que le *chrome* et le *manganèse*; les échantillons de chrome exposés (Cr = 98 0/0) présentent une cassure argentée, ceux de manganèse (Mn = 98 à 99 0/0) ont une cassure blanc d'argent à froid et violacée à chaud. On sait que la fabrication de ces métaux se fait dans un creuset quelconque; la fusion de la « thermite », qui est un mélange d'oxyde de fer et d'aluminium et qui est aujourd'hui d'un emploi courant, a lieu de même dans un creuset, par exemple d'après les réactions théoriques :

$Fe^2o^3 + 2\ Al = 2Fe + Al^2O^3$ pour production du fer par la thermite, et $Cr^2o^3 + 2Al = 2Cr + Al^2o^3$ pour la préparation du chrome non carburé. Parmi les alliages ainsi obtenus, nous remarquons du *ferrotitane*, à 20-25 0/0 Ti; du *manganobore*, à 20 0/0 Bo du *ferrovanadium* à 20 0/0 Va, et du *ferrobore* à 20 0/0 Bo, enfin du *nickel* et du *cobalt* purs non carburés obtenus par le même procédé. La scorie produite dans toutes ces opérations est le *corindon* artificiel, qui est utilisé pour les meules de grande dureté.

Le bilan des calories, dans le cas du fer, a été établi par le Dr H. Goldschmidt, en se basant sur ce que 1 *kg* de fer nécessite 0,484 *kg* d'aluminium métallique, savoir :

Chaleur produite :

0,484 *kg* d'aluminium nécessite 3 455,76 calories.

Chaleur consommée :

Pour la production de 1 *kg* de fer	1 768	calories
— fusion de ce fer.	337	—
— fusion de la scorie correspondante.	425,71	—
Total.	2 530,71	calories

d'où 3 455,76 — 2 530,71 = 925,05 calories disponibles.

Comme 1 *kg* de thermite fournit environ 0,5 *kg* de fer, il en résulte que le *kg* de thermite produit environ 450 calories disponibles.

Des spécimens de rails et de tuyaux soudés par l'aluminothermie, puis soumis à des essais de pliage, la soudure de tourillons et trèfles de cylindres de laminoirs, la réparation de dents d'engrenages, sont autant d'objets dignes d'attention et susceptibles de trouver, dans de nombreux cas de la pratique, d'utiles applications.

FABRICATION DES ACIERS MARTIN ET THOMAS

De même que pour la fonte, l'exposition ne présente pas d'indications relatives à la fabrication proprement dite des aciers ; il faut se contenter de tirer des déductions des produits et machines exposés ; cette question sera, du reste, traitée dans l'étude ultérieure que nous nous proposons de faire sur la Westphalie.

En ce qui concerne les **aciéries Thomas**, si nombreuses en Westphalie, on ne voit que quelques photographies de halles à convertisseurs, de mélangeurs à fontes ; quelques ceintures à tourillons pour convertisseurs de 18 et 20 tonnes de capacité, coulées en acier et figurant dans les pavillons Krupp, Hoerde et Bochum (n[os] 27-29 et 38 du plan), donnent seules une idée de la grandeur des appareils usités.

Pour la préparation des **fonds de convertisseurs**, on emploie, dans beaucoup de cas, la pilonneuse automatique, système **Bruno Versen**, qui est exposée par la maison **Laeis et C[ie]**, de **Trèves**, nous avons eu l'occasion de la voir aux aciéries d'Oberhausen et en donnons un croquis (*fig. 14*). Les fonds, ainsi fabriqués, résistent deux fois plus longtemps que ceux fabriqués à la main, et deux hommes peuvent terminer un fond complet en l'espace de trois heures ; il est évident qu'une machine de ce genre est indispensable dans les aciéries Thomas à grande production.

Le pilon P, équilibré par un contrepoids, se déplace à la main et la transmission de mouvement est obtenue par un plateau à friction F. Les aiguilles N, disposées sur un disque placé sous la coquille contenant la matière à pilonner, s'élèvent au fur et à mesure du pilonnage et sont retirées ensuite, pour être remplacées, lors de la cuisson, par des aiguilles en bois.

La maison Laeis, connue par ses machines de briqueteries, a installé aussi, au Palais de l'Industrie, une collection très complète des appareils employés à la préparation mécanique de la dolomie, notamment des **moulins à dolomie**, un **malaxeur** et des **meules**.

A côté de ces machines, nous remarquons un modèle de poche de coulée sur chariot, avec transmission par chaînes, de la maison **Seussenbrenner**, de **Oberkassel** (près Dusseldorf); on peut reprocher cependant à cet appareil breveté Seussen-

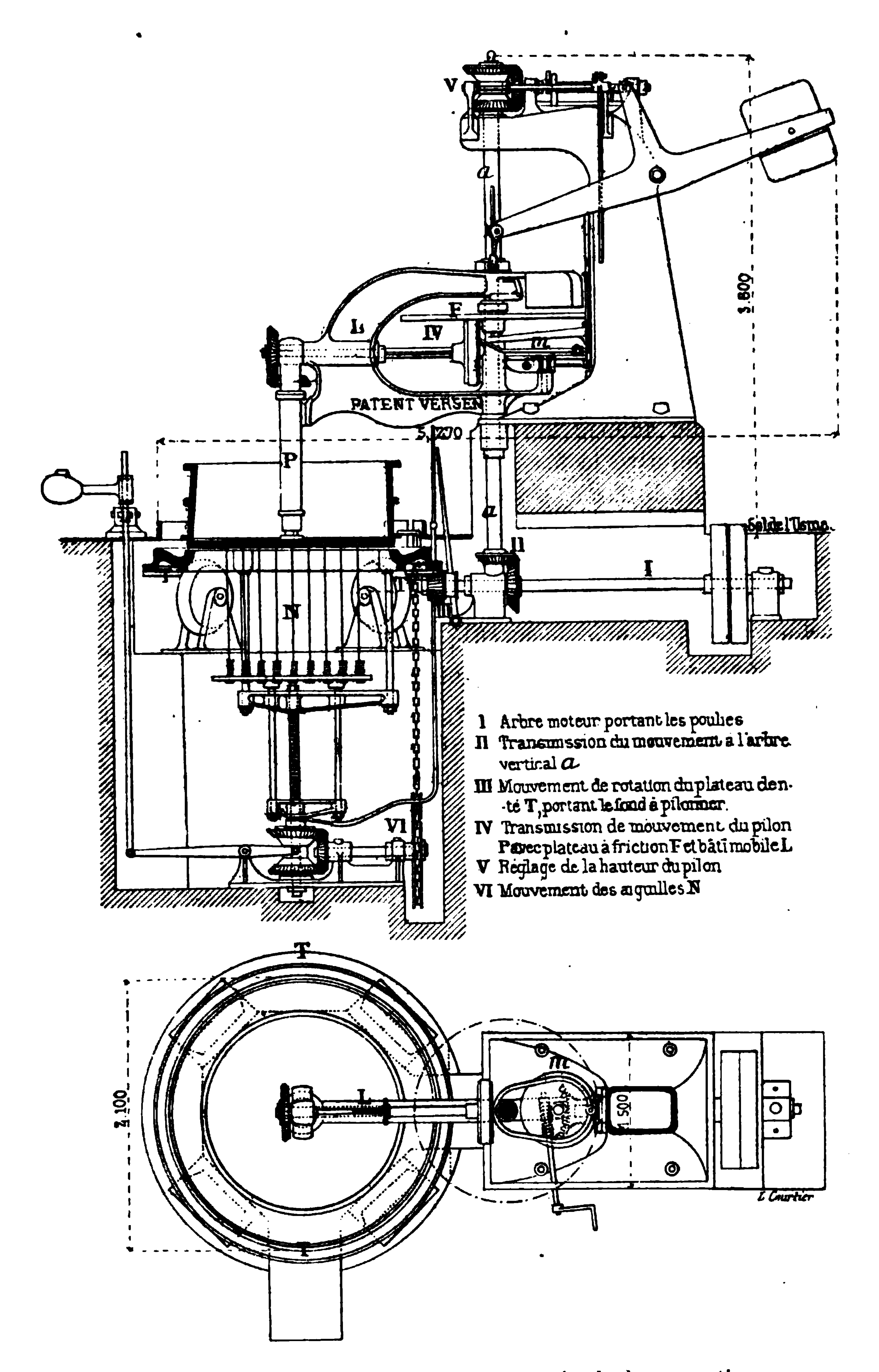


Fig. 14. — Pilonneuse Bruno Versen pour fonds de convertisseurs (construction Laeis et Cie, de Trèves).

brenner et Poetter, d'être assez massif et compliqué, et les appareils à vapeur, hydrauliques ou électriques, dont on voit à l'exposition de nombreuses photographies, nous paraissent préférables.

Pour la construction des **fours Martin** proprement dits et des gazogènes, l'exposition ne produit que quelques dessins qui ne nous fournissent pas d'indications nouvelles, c'est ainsi que la maison **Poetter et Cie**, de Dortmund, expose un dessin de four de type courant, ne présentant aucune particularité, ainsi qu'un dessin de ses gazogènes, déjà mentionnés précédemment. Le plan d'une aciérie fournie en Italie par les mêmes entrepreneurs nous montre la fosse de coulée parallèle aux fours, usitée généralement lorsque les conditions locales n'exigent pas une disposition différente. Un modèle démontable de four Martin, pour écoles industrielles, exposé au pavillon n° 41 du plan, n'a qu'un intérêt didactique.

Nous signalerons encore ici la **valve de renversement**, système **Forter**, construite et exposée en grandeur naturelle et en modèle par les ateliers **Tigler**, de **Meiderich** (près Ruhrort); les avantages de ce système sur les clapets oscillants, toujours sujets à des coïncements et ne donnant pas une fermeture hermétique permanente, sont connus et ressortent du croquis ci-

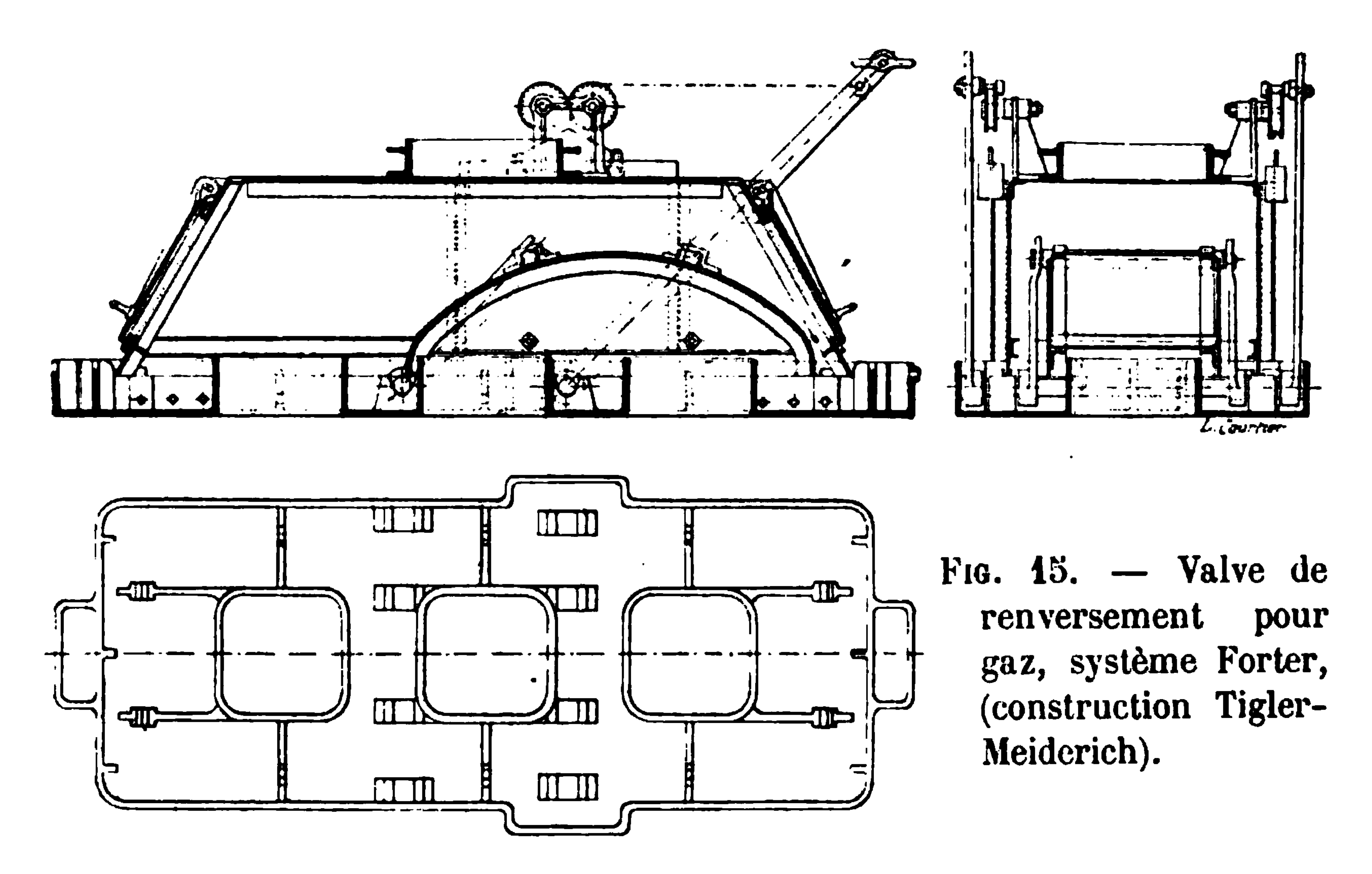


Fig. 15. — Valve de renversement pour gaz, système Forter, (construction Tigler-Meiderich).

dessus (*fig. 15*). Cette valve est aussi de construction et de manipulation plus simple que les cloches doubles en tôle

fréquemment employées. Parmi les grandes usines auxquelles la maison Tigler a livré ces valves, appliquées aussi bien aux fours Martin qu'aux conduites de gaz de toute nature, nous citerons au hasard :

Usines Borsigwerk, en Silésie .	4	valves de	800 *mm*	de largeur
Aciéries de Meiderich-Ruhrort	5	—	630	—
Aciéries de Hoerde, près Dortmund. . . , ...	5	—	650	—
Usines Jacob Holtzer, à Unieux	1	—	1 250	—
Usines de Trignac (Loire-Inférieure)	1	—	530	—
Aciéries Krupp, à Essen . . .	4	—	700	—
Usines de Wendel, à Hayange (Lorraine).	4	—	800	—
Usines de Wendel, à Hayange.	4	—	600	—

Nous devons mentionner encore d'une manière toute spéciale les deux **chargeurs mécaniques** pour fours Martin exposés en fonctionnement par les ateliers de construction de **Benrath** et installés sur une voie en dehors du pavillon de cette société (n° **142** du plan). Ces machines, actionnées par dynamos, sont d'origine américaine et ont été installées déjà depuis quelques années dans plusieurs grandes usines, notamment : Rombach (Lorraine), Westphälische-Stahlwerke, à Bochum, aciéries Deutscher-Kaiser, Thyssen et Cie, Union-Dortmund. L'une est à support inférieur (construction basse), l'autre à suspension sur cadre métallique ; les données sont les suivantes :

Charge des récipients saisis par le levier chargeur : 2 000 *kg.*

Vitesse de levée du récipient :

Pour le type bas : 6 *m* par minute,	électromoteur	16 H
Pour le type à suspension, 7,20 *m* par minute,	—	12 —

Vitesse de renversement du récipient :

10 à 12 fois par minute,	—	12 —

Vitesses :

D'avancement du récipient : 25 *m* par minute,	—	12 —
De déplacement de la machine sur les rails, 60 *m* par minute,	—	12 —

L'utilité de ces chargeurs mécaniques est reconnue partout aujourd'hui, en ce sens que l'on économise du temps et de la main-d'œuvre, augmente la production, et surtout réduit l'entretien du four, qui se refroidit d'autant moins que les portes restent levées moins longtemps.

Cette question sera reprise, du reste, ultérieurement, le chargement mécanique étant effectué aussi, dans beaucoup de cas, par des appareils suspendus aux ponts roulants, ce qui supprime l'encombrement de la plate-forme en avant des fours Martin.

Pour la manipulation des lingots, on emploie encore, dans beaucoup d'usines, les grues hydrauliques fixes; les usines « **Neusser Eisenwerke** », de *Heerdt*, près Neuss, exposent une grue de ce système (*Pl. 32, fig. 28 et 29*) dans la halle des machines; elle comporte trois cylindres hydrauliques de levage L, deux cylindres de rotation R, placés à l'arrière; un cylindre T pour déplacement horizontal du treuil; toutes les transmissions sont obtenues par câbles métalliques.

Une colonne massive K en acier forgé, sert d'axe de rotation. Grâce aux trois cylindres L fonctionnant ensemble ou séparément la grue peut travailler à 1 500, 3 500 et 5 000 *kg*, suivant les lingots à déplacer; sa portée est de 7 *m*, la course de levage 3,200 *m*, la pression hydraulique 35 à 45 *atm*.

Ces appareils ont été installés notamment aux aciéries de Hoerde et peuvent déplacer chacun, dans les conditions où ils fonctionnent, 350 à 400 *t* de lingots de 2 à 3 000 *kg* par vingt-quatre heures.

La disposition employée aujourd'hui presque partout pour les aciéries Martin, avec travées parallèles aux fours a développé l'emploi de **ponts roulants** pour presque toutes les manipulations de ces ateliers; l'exposition nous fournit une intéressante collection de ces engins, presque tous actionnés électriquement; aussi devons-nous les mentionner dans leurs lignes principales. La suppression successive des grues fixes à vapeur, ou hydrauliques, dont le nombre devait être nécessairement considérable, et des grues roulantes à vapeur sur rails, encombrantes et d'un entretien coûteux, est due précisément à l'électricité; les ponts roulants remplacent les chariots à poches de coulée, ce qui rend les halles des aciéries complètement libres, sans compter que la rapidité de mouvement obtenue par les électromoteurs, permet

une manipulation beaucoup plus rapide qu'avec tous les autres engins.

Une partie des ponts en fonctionnement à l'exposition a été fournie par la maison **Stuckenholz**, de **Wetter-sur-Ruhr**; ils ont servi au montage des diverses machines et à la mise en place des grosses pièces; nous citerons notamment:

a) Un pont roulant de *30 t* de 21,34 *m* de portée dans la halle des machines; un élévateur de secours de 7500 *kg*, est monté sur le chariot du treuil et se déplace avec celui-ci, chacun des quatre mouvements du pont est obtenu par une dynamo spéciale, savoir: pour fortes charges au grand crochet, vitesse 2,70 par minute, électromoteur 30 *ch*; pour petites charges au petit crochet, vitesse 11 *m* par minute, électromoteur 30 *ch*; pour mouvement de translation du treuil, 40 *m* par minute, électromoteur 15 *ch*; pour mouvement de translation du pont, 80 *m* par minute, électromoteur 35 *ch*; les vitesses peuvent varier automatiquement avec petites charges et crochet à vide, jusqu'au double et au triple sans inconvénients pour le moteur;

b) Deux ponts roulants de *25 t* chacun, dans le pavillon du « Bochumer Verein (n° 38 du plan); le premier de ces engins se distingue par sa faible hauteur et sa construction légère, il comporte trois moteurs savoir : pour le levage, vitesse 3,4 *m* par minute, électromoteur 27 *ch*; pour mouvement de translation du treuil, 40 *m* par minute, électromoteur 10 *ch*; pour mouvement de translation du pont, 80 *m* par minute, électromoteur 27 *ch*;

c) Deux ponts roulants de *6 et 10 t* dans le pavillon des moteurs à gaz Otto-Deutz.

Les ateliers **Bechem et Keetman**, de **Duisburg**, occupent de même une situation prépondérante dans la construction des grues et des ponts roulants; nous trouvons dans la halle des machines, au-dessus de la belle exposition de cette maison, un pont roulant de 30 *t*, portée 21,34 *m* à trois électromoteurs à courant continu (Société Helios-Cologne), et tension de 220 volts, dont les vitesses sont:

Pour levage du poids maximum, 3 *m* par minute, moteur 30 *ch* à 450 tours; pour translation du treuil chargé, 22 *m* par minute, moteur 6 *ch* à 600 tours; pour translation du pont, 63 *m* par minute, moteur 30 *ch* à 600 tours.

Ce pont est représenté en P sur la figure 31, planche 33, indiquant la disposition générale de l'exposition Bechem et Keetman dans la halle des machines (voir plus loin page 99).

Nous devons encore mentionner ici la **grue fixe** à lingots, des mêmes constructeurs, placée en avant du laminoir exposé ; cette grue est de même électrique, d'une force de 6 000 *kg*, et portée de 7 *m*; la voie de la volée portant le treuil est à 6,575 *m* audessus du sol ; les vitesses des divers mouvements obtenus par dynamos à courant alternatif, sont :

Levage des charges jusqu'à 6 000 *kg*, 8,50 *m* par minute ; déplacement horizontal du treuil, 20 *m* par minute ; rotation mesurée à l'extrémité de la volée de 7 *m*, 96 *m* par minute.

Le crochet est suspendu à quatre brins d'un câble en acier de 14 *mm*.

Moulages d'acier.

En raison de l'importance et de l'intérêt que présente l'Exposition de Dusseldorf au point de vue des moulages en acier, nous avons cru devoir en faire l'objet d'un chapitre spécial.

La collection de ces moulages de toutes dimensions et de toutes formes est, en effet, une des plus complètes qu'il nous ait été donné de voir réunie ; ce ne sont pas seulement les grands établissements de Krupp, Bochum, etc., qui nous présentent des pièces énormes en acier coulé, mais nous remarquons aussi l'existence de toute une série d'usines, qui se sont fait du moulage en acier une spécialité et exposent, presque toutes, des produits irréprochables ; c'est ainsi que nombre de pièces de machines, depuis les plus simples jusqu'aux plus compliquées, qui étaient autrefois l'apanage exclusif des fonderies de fonte, sont fabriquées aujourd'hui en acier.

Dans le pavillon **Krupp**, nous remarquons, tout d'abord, une *étrave* en trois pièces pour navire de guerre, pesant 34 *t* et un *étambot* en quatre pièces de 35 500 *kg* (l'une des pièces est de 24 400 *kg*), les essais à la traction sur les éprouvettes non forgées, répondent à une moyenne de R = 43,3 *kg*, allong. = 29,7 0/0, contraction = 55,8 0/0.

Voici une série d'essais de réception pour pièces en acier moulé Krupp, destinées à des navires de guerre :

Essais de réception pour étraves et étambots des Usines Krupp.
(Éprouvettes de 25 mm de diamètre et 200 mm de longueur venues de fonte).

		CHARGES de rupture kilogr. par millim. carré	Allongement 0/0	Contraction 0/0
Navire de guerre type F.	Étambot, partie supérieure. . .	42,4	30,0	59,0
	— — médiane . . .	44,6	29,0	58,0
	— — inférieure. . .	43,2	30,0	59,0
Navire de guerre type E.	Cadre de gouvernail.	41,9	29,0	58,0
	Support d'arbre de couche nº 1.	43,6	27,5	57,0
	— — — nº 2.	41,8	32,0	61,0
Torpilleurs.	Étambot nº 3.	43,2	30,0	59,0
	Support d'arbre de couche. . .	43,6	28,5	58,0
	Gouvernail.	44,6	29,5	57,0
Navire de guerre type B.	Étrave, partie supérieure . . .	46,2	27,5	53,0
	— — médiane	44,0	30,5	60,0
	— — inférieure. . . .	45,0	27,9	54,0

Les moulages destinés à l'industrie sont nombreux aussi dans ce pavillon ; nous voyons notamment : une *cage de laminoirs* pour réversible, pesant 54 730 *kg* et munie de ses cylindres *(fig. 16)*; les cylindres sont en acier forgé et mesurent 1 200 × 4 000 *mm*; des *anneaux* pour dynamos de 4 670 et 3 525 *mm* de diamètre ; de nombreux *pignons* dentés pour laminoirs, dont l'un a 1 200 *mm* de longueur pour 1 330 *mm* de diamètre ; des *cylindres* de laminoirs coulés en acier (l'un pour blooming de 1 800 × 700 *mm*, l'autre pour finisseur de 2 710 × 865 *mm*).

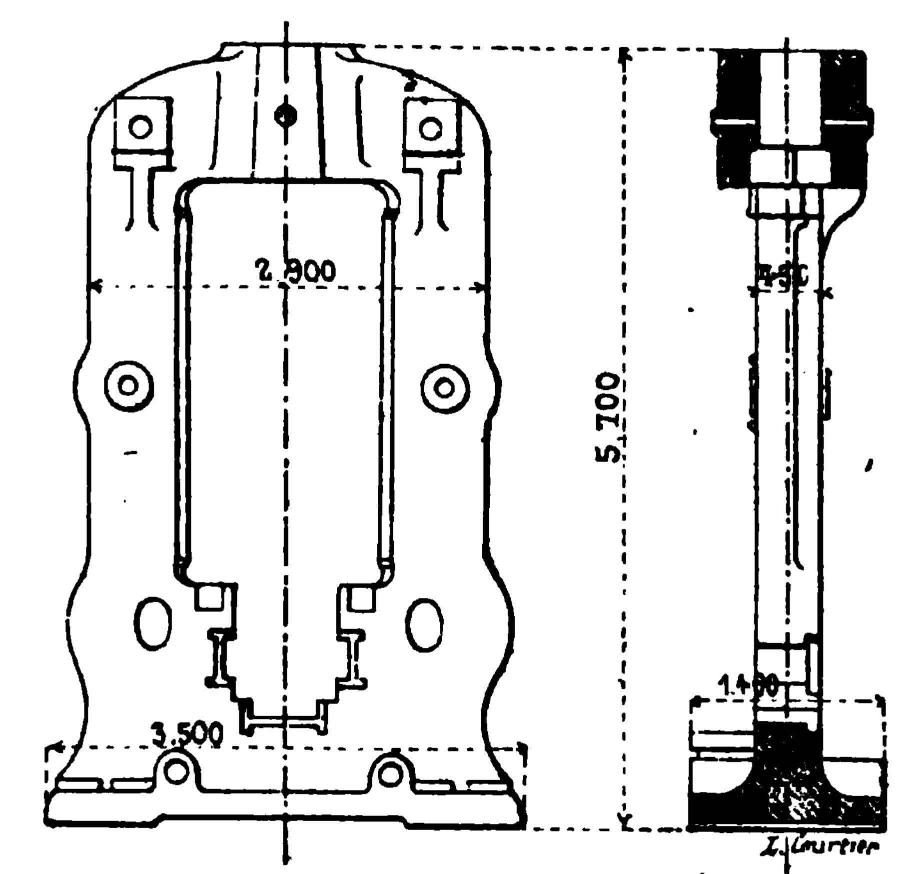


Fig. 16. — Cage pour laminoir à blindages, acier moulé Krupp.

L'acier moulé pour **roues** de **wagons** et de **locomotives** ayant acquis aujourd'hui droit de cité dans la plupart des chemins de fer, nous trouvons des roues de locomotives jusqu'à 2 170 *mm* de diamètre, à vingt-quatre rayons de section ovale ; les contrepoids sont soit pleins, soit creux et chargés de plomb ; une moyenne de trois cents essais de réception de ces roues, faits par les Chemins de fer de l'État prussien, sur des éprouvettes de 20 × 200 *mm* donne : R = 40,9 *kg*, allongement 30,1 0/0, contraction 59,4 0/0 ; d'autre part, de nombreux essais au choc avec mouton de 1 000 *kg* et hauteurs de chute variables de 0,50 *m* à 2,50 *m*, présentent un grand intérêt ; on voit aussi deux roues de 1 400 et de 1 870 *mm* de diamètre, ainsi que d'autres plus petites, qui ont été soumises à des pliages et torsions à froid sous la presse, sans qu'il y ait eu de criques.

Parallèlement aux roues coulées Krupp, nous citerons celles exposées par les Usines **Phœnix-Laar** (palais de l'Industrie), et dont les centres sont de même en acier moulé de très belle qualité, ainsi que le démontrent des essais au choc et à la presse.

Les Usines Krupp exposent aussi des pièces moulées en un **acier dur spécial** (Hartstahl), qui est plus dur que la fonte trempée et possède une ténacité que ne peut avoir la fonte ; cet acier ne peut être travaillé à la meule et trouve son application pour broyeurs, moulins, machines de briqueterie, roues de wagonnets, coffres-forts, etc.

Une autre catégorie d'acier Krupp est celle de l'**acier moulé spécial** (Spezialstahlformguss) dont les éprouvettes (20 × 200 *mm*) donnent : Résistance 60 *kg*. Allongement 18 0/0. Contraction 55 0/0, limite d'élasticité 40 *kg* ; des éprouvettes de cet acier de 25 *mm* de diamètre se laissent plier à 180° sans rupture (1) ; une série de onze essais faits sur des éprouvettes provenant de pièces diverses destinées à des tourelles blindées, de pivots pour pièces d'artillerie, etc., a donné par exemple :

	Charge de rupture. — kilogr. p^r mm. carré.	Limite d'élasticité. — kilogr. p^r mm. carré.	Allongement. — 0/0	Contraction. — 0/0
Minimum . . .	58,3	35,0	17,5	52,0
Maximum . . .	65,3	44,6	21,1	61,0
MOYENNE . . .	61,6	40,1	18,4	57,0

(1) Voir précédemment la classification adoptée par les usines Krupp, pour leurs aciers dits spéciaux, de toute nature (pages 62 et 63).

Dans le pavillon de la **Société de Bochum** (Bochumer Verein), nous retrouvons encore des centres de roues pour locomotives et wagons, ayant supporté des essais analogues à ceux mentionnés pour Krupp et Phœnix; cette Société puissamment outillée, expose un *étambot* à deux hélices en une seule pièce, pesant 100 *t*, une *roue dentée*, à bras en double T, pesant 35 *t*, un *cylindre* en acier moulé, pour presse hydraulique, tourné et poli, du poids de 34 *t* et ne présentant absolument aucune soufflure; une spécialité intéressante est celle des *cloches en acier* au creuset, qui ont figuré déjà à Paris en 1900, et dont l'une pèse 9 000 *kg*. C'est cette exposition de cloches qui a motivé l'architecture toute spéciale de ce pavillon (n° 38 du plan).

Les **Aciéries de Hoerde** dans leur riche exposition (n° 29 du plan) nous montrent entre autres pièces d'acier moulé : deux *ancres* énormes du poids de 2630 *kg* en acier Martin, la tige seule étant forgée, des *pignons creux* à chevrons pour blooming (5350 *kg*) et pour trio à tôles (3650 *kg*), un cylindre de presse hydraulique pesant 4850 *kg*, un anneau de convertisseur Thomas (18 493 *kg*) destiné aux convertisseurs de 18 *t* de l'usine de Hoerde, enfin, un grand nombre d'autres produits en acier moulé bruts et ajustés. On fabrique aussi à Hoerde des pièces en acier dures à la surface seulement, et obtenues par le procédé **Huth** basé sur la force centrifuge et dont les échantillons sont intéressants à examiner; on produit couramment à Hoerde par cette méthode des roues de tramways, pièces pour broyeurs, etc. (1).

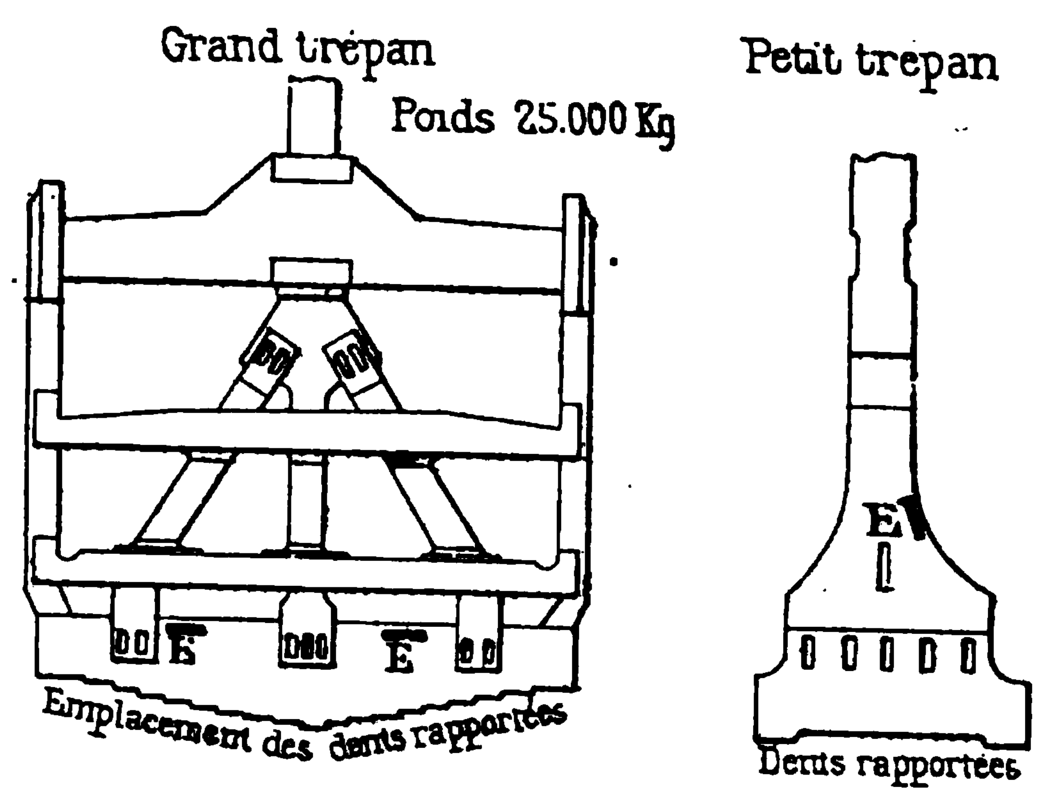


FIG. 17. — Trépans Haniel et Lueg.

Les moulages d'acier des ateliers **Haniel et Lueg** de Dusseldorf, exposés dans la halle des machines, sont de même remar-

(1) Rappelons ici que pour cette fabrication, on coule d'abord dans le moule animé d'un mouvement de rotation, de l'acier dur qui, grâce à la force centrifuge, vient occuper la périphérie du moule; on remplit ensuite à l'acier doux. Voir la publication *Stahl und Eisen*, 1897, n° 14.

quables; nous mentionnerons, notamment, un **étambot** de 52 *t* et deux *trépans (fig. 17)*, les essais de réception de ces pièces ont donné les moyennes suivantes :

DÉSIGNATION des PIÈCES ESSAYÉES	CHARGE de RUPTURE kilogrammes par millimètre carré	ALLON-GEMENT 0/0	CONTRAC-TION 0/0	LIMITE D'ÉLASTICITÉ kilogrammes par millimètre carré
Étambot partie inférieure. .	45,8	26,5	51,0	»
Étambot partie supérieure .	45,6	25,5	46,7	»
Support d'arbre de couche pour navire	43,9	24,0	56,4	»
Petit trépan.	50,0	22,5	»	»
Traverse inférieure du grand trépan	42,0	25,5	40,7	37,6

Nous indiquons sur le croquis, la disposition des éprouvettes à la coulée des trépans ci-dessus (1).

Dans le pavillon de **Gutehoffnungshütte** (n° 95 du plan), nous retrouvons encore de nombreuses pièces en acier moulé, telles que, un cylindre pour presse hydrauliqûe, une cage de laminoir coulée brute pesant **12** *t* et une autre de **32** *t* finie d'ajustage destinée aux laminoirs à tôle de Schulz et Knaudt, un étambot complet, des roues de locomotives, un anneau de dynamo de 3 836 *mm* de diamètre, etc.

Toutes les autres expositions présentant des moulages en acier sont concentrées dans le palais de l'Industrie ; nous les passerons en revue aussi sommairement que possible :

Œking et Cie de Dusseldorf (Lierenfeld) ne font que du moulage d'acier dans trois fours à sole acide de 12 *t*; ils sont outillés pour couler des pièces de 15 *t* au maximum et livrent surtout aux mines et aux usines ; nous remarquons un corps de pompe Riedler très compliqué et ajusté, sans aucune

(1) Rappelons ici que la maison Haniel et Lueg s'est fait une spécialité des grandes machines d'épuisement et des fonçages de puits, par le procédé Kind-Chaudron ; ce sont ces ateliers qui ont construit la grande machine d'épuisement pour 25 m^3 d'eau par minute à élever à 500 *m*, destinée à la Harpener Gesellschaft, et exposée au pavillon des Mines (n° 97 du plan) ; ils exposent de même, dans la halle des machines une installation complète d'épuisement avec moteurs électriques au jour et au fond.

soufflure, des roues d'engrenage diverses, un cylindre en acier (3000 × 350 *mm*), une petite cage de laminoir, enfin un **pignon creux** pour laminoir système ***R. M. Daelen.*** Ce système de pignon est intéressant en ce sens qu'il permet de réduire la longueur d'un train et facilite le déplacement vertical du cylindre supérieur dans de larges limites tout en maintenant le parallélisme des cylindres et évitant les efforts de poussée latérale ; ces pignons ont été appliqués entr'autres à un train à blindages à Witkowitz (Mora-

Fig. 18. — Trio Lauth avec pignons Daelen, installé à Droujkowka (Russie).

vie), à un train universel à Krompach (Hongrie) et au train à tôles des aciéries du Donetz à Droujkowka (Russie) ; une application plus récente en a été faite par la maison Bechem et Keetman de Duisburg à un trio à tôles des usines de Rendsburg. Nous donnons les dessins de l'installation de Droujkowka (*fig. 18 et 19*). Le trio Lauth, actionné par une machine à triple expansion, fait 80 tours ; les cylindres du laminoir ont 2 *m* de longueur et des diamètres de 675-500 et 680 *mm* ; de l'autre côté de la machine

est placé le duo à grosses tôles, actionné par une transmission par engrenages de 2 : 3 et muni de cylindres de 3500 × 1100 *mm*.

Le croquis (*fig. 19*) indique nettement la disposition des pignons Daelen et l'attaque intérieure des allonges à tête sphérique, supprimant précisément les poussées horizontales sur les coussinets des cages.

Aciéries Krieger de Dusseldorf (Obercassel). Ces usines ne se servent que de fours Martin à sole acide et exposent notamment un fond de cylindre de moteur à gaz, un volant de dynamo, des roues de locomotives, des roues dentées, un étambot à deux hélices, etc. Des éprouvettes venues à la coulée et non forgées accusent les chiffres suivants :

Charge de rupture variant de 39,5 à 59,6 *kg* par millimètre carré ;

Allongement variant de 30 à 20 0/0 (éprouvette de 200 *mm*) ;

Contraction variant de 49,4 à 33 0/0 ; la contraction de 33 0/0 répond à une charge de rupture de 51,6 *kg*.

Aciéries de Sarrebrueck. Ces établissements, qui ont été créés en 1898 et qu'il ne faut pas confondre avec les grandes usines de Burbach, fabriquent aussi exclusivement du moulage d'acier au four Martin basique ; nous relevons quelques pièces de belle qualité, dont une roue dentée à chevrons (diamètre : 3,50 *m*, largeur : 1 *m*) destinée aux laminoirs de Wendel à Hayange et dont les bras, au lieu d'être en double T, forment une sorte de tambour évidé ; cette construction très légère exige un métal très résistant.

Les **fonderies d'acier de Witten-sur-Ruhr**, qui fabriquent surtout des produits laminés et des pièces de forge spéciales, font aussi du moulage d'acier, tantôt au four Martin (deux fours de 18 *t* et un four de 25 *t*), tantôt au creuset (trois fours) ; elles ont exposé une *cuve à zinguer* de 6,500 *m* de longueur pesant 20 200 *kg*, une roue dentée à chevrons de 4,200 *m* pesant 25 420 *kg* destinée à un train à tôles, un cylindre d'accumulateur de 4,30 *m* de longueur et 1 *m* de diamètre extérieur, un couvercle de cylindre de moteur à gaz coupé de façon à en montrer la construction, des pignons jusqu'à 8 600 *kg*, une série de pièces pour locomotives, des croisements, etc.

La cage en acier du train universel, exposé par les ateliers Sack de Dusseldorf dans la halle des machines et qui pèse 24 520 *kg*, a été fournie par la fonderie de Witten.

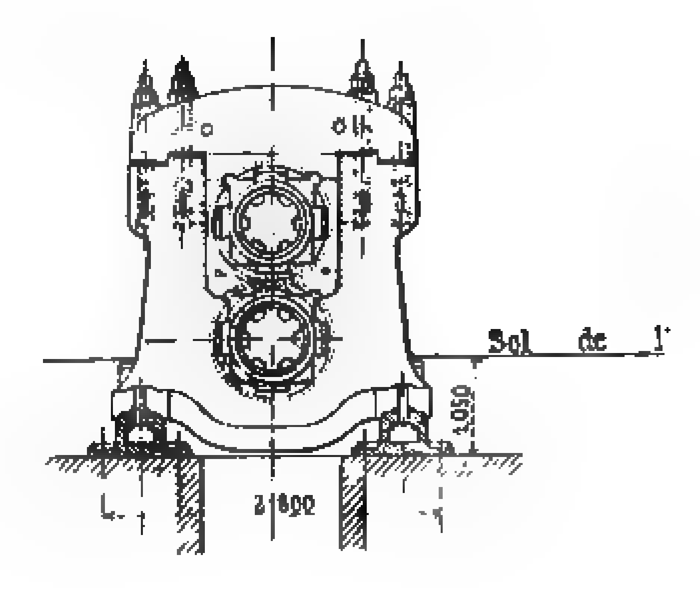


Fig. 19. — Train à grosse tôle avec pignons Daelen, installé à Droujkowka (Russie).

Les **fonderies de Gelsenkirchen** font partie de la catégorie des usines ne fabriquant que le moulage d'acier; elles exposent comme pièce principale le modèle d'une *cage de laminoirs* livrée aux ateliers Bechem et Keetman pour la Russie et dont le poids brut de 61 *t* est réduit à 43 *t* après ajustage; nous retrouvons encore des *roues* de locomotives en acier coulé, polies, puis des *pignons* de laminoirs destinés aux usines « Deutscher Kaiser », une série de *petits cylindres* en acier à alvéoles pour la fabrication des briquettes ovoïdes. Ces usines exposent, enfin, un *wagon*

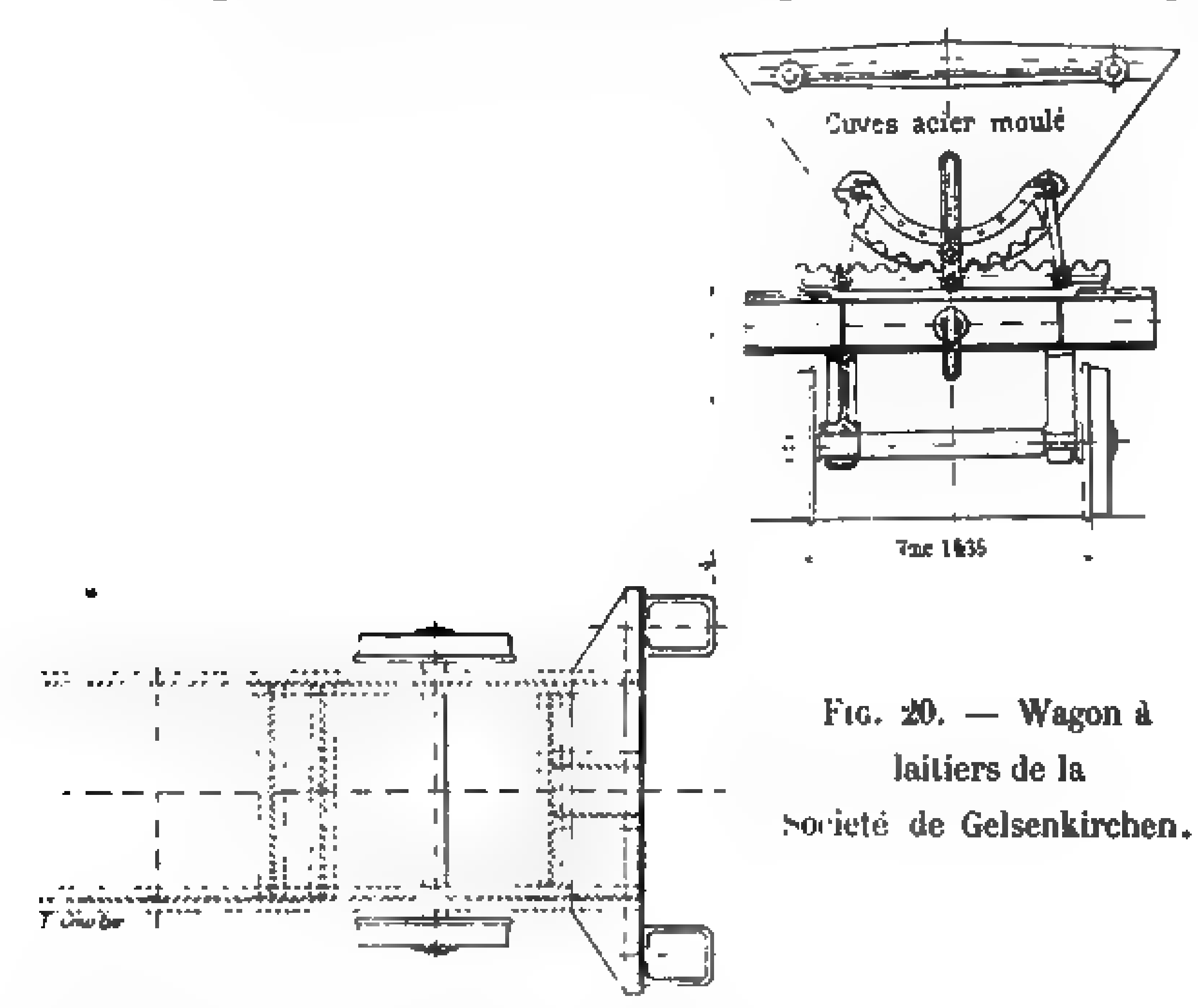


Fig. 20. — Wagon à laitiers de la Société de Gelsenkirchen.

à laitiers de leur construction (*fig. 20*), comprenant deux cuves en acier roulant sur crémaillères; nous pensons que ce système est préférable aux cuves à fond mobile par piston, en ce sens qu'il est plus simple et moins sujet à réparations; l'emploi de l'acier pour les cuves assure à celles-ci une longue durée que ne peuvent fournir les récipients en fonte.

Les **Westfälische Stahlwerke** de **Bochum**, qu'il ne faut pas confondre avec les grandes aciéries de la Société de Bochum, ont exposé dans le palais de l'Industrie, à côté de leurs produits laminés et de forge, un certain nombre de moulages en acier, parmi lesquels on remarque surtout un *cylindre dégrossisseur*, pour train à rails complètement poli (poids: 6 500 *kg*), des

pignons de laminoirs, des engrenages, une cage de laminoir de 11 600 *kg*, enfin un étambot avec cadre de gouvernail et hélice coulée d'une seule pièce (diamètre : 4,420 *m*).

Nous devons signaler encore les moulages d'acier de la **Bergische Stahlindustrie** de **Remcheid** (roues de wagonnets, boites à graisse, etc., et truc de tramway avec frein électro-pneumatique) et ceux de la **Fahrendellerhütte (Winterberg et Jures)** de **Bochum** (engrenages, cylindres et bâtis pour petits moteurs, porte en acier pour fours à coke, etc.). Ces deux derniers établissements sont outillés plus modestement que les précédents, mais leurs produits paraissent de bonne qualité.

PILONS, PRESSES ET PIÈCES DE FORGE

Si l'on considère en première ligne la grosse forge, on trouvera que, en dehors de la presse à forger et des produits qui lui correspondent, l'Exposition de Dusseldorf ne présente aucune nouveauté digne d'être signalée, le marteau-pilon est, en effet, de plus en plus délaissé pour faire place à la presse, et nous devons reconnaître qu'en réalité il n'a plus de raison d'être ; la fabrication des pièces en fer puddlé justifiait seule, en effet, le pilon, dont l'action par chocs répétés permettait une expulsion énergique des scories. Les pilons ne trouveront plus guère d'emploi que dans les usines ayant à exécuter des travaux de forge de moindre importance et qui reculent devant la dépense d'une presse hydraulique.

Dans la halle des machines, nous retrouvons une collection des pilons bien connus de la maison **Brinkmann** de **Witten** ; l'un, avec frappe de 1 250 *kg* et 1 *m* de course, est à double effet ; l'autre pèse 350 *kg* et a une levée de 350 *mm*.

A côté de l'exposition Brinkmann se trouve celle de la maison **Banning**, de **Hamm**, avec pilons à vapeur et à air comprimé ; ce constructeur, reconnaissant, du reste, l'évolution indiquée ci-dessus, est entré déjà dans une voie nouvelle, lui permettant de remplacer la vente des pilons par celle des presses à forger, et expose une petite presse hydraulique dans un pavillon spécial (n° 84 du plan).

Nous remarquons encore les pilons à air comprimé, brevet *Hassel* de la **Hagener Gesenkschmiederei**, que leur disposition simple et ingénieuse nous paraît devoir recommander. Le cro-

quis (*fig.* 21) donne le principe de ces appareils et en explique le fonctionnement : le piston à air C, actionné par la bielle B, a sa prise d'air en a_2 lorsqu'il se trouve dans la position C' ; il refoule cet air par l'ouverture *o* sous le piston proprement dit portant la frappe M. Ce piston, refoulé de P' en P, comprime un certain volume d'air pris en a_1 dans l'espace supérieur du cylindre ; l'orifice a_1 étant découvert, cet air comprimé fait redescendre le piston P en même temps que C, revenant en C', produit une certaine aspiration qui vient augmenter l'effet de choc de la frappe ; en S est une soupape de réglage utilisable à volonté. Il n'y a donc aucune pièce délicate soumise à des chocs, et la transmission, qui n'agit que sur le piston à air C, travaille avec une grande douceur. L'un des deux pilons exposés est actionné par une dynamo de 1 à 1,5 cheval et fonctionne avec une légèreté remarquable ; le constructeur les emploie, du reste, lui-même pour ses fabrications spéciales (pièces étampées diverses, fourches, etc.).

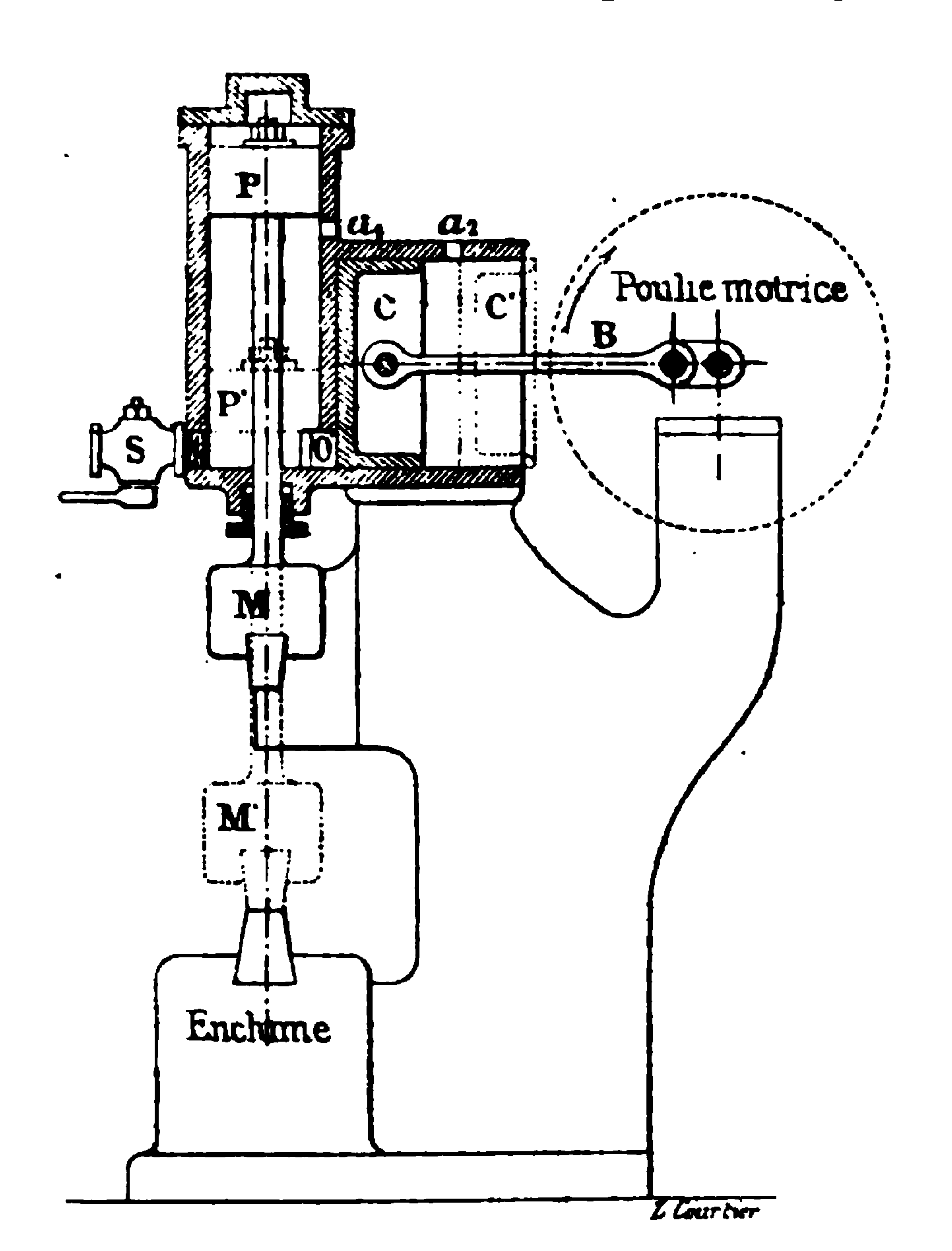


Fig. 21. — Principe du marteau-pilon à air comprimé (système Hassel).

Comme accessoires de marteaux-pilons, nous avons remarqué encore, à l'exposition des ateliers de **Fries et Cie**, les dessins d'une disposition destinée à amortir les chocs ; elle est basée sur l'emploi de *ressorts* en spirale et à feuilles disposés suivant le croquis ci-contre (*fig.* 22) (1). Pour les pilons plus petits, on n'emploie que des ressorts en spirale.

Si nous passons maintenant aux **presses à forger**, nous

(1) Nous croyons devoir rappeler ici la très intéressante communication faite par notre collègue M. G. Anthoni (Bulletin de novembre 1888, page 750), qui préconisait alors l'emploi de caoutchouc pour fondations des machines de tout genre, principe appliqué depuis, du reste, dans des cas nombreux.

sommes frappés tout d'abord par l'énorme machine exposée par la maison **Breuer et Schumacher**, de **Kalk**, près Cologne. C'est une presse à forger de **10 000** *t* (modèle partiellement en bois), telle qu'elle a été livrée déjà en deux exemplaires à l'acié-

Le nombre et les dimensions des ressorts varient suivant le poids des chabottes et du pilon

Fig. 22. — Fondation élastique pour marteaux-pilons (système Kniep, construction de Fries et Cie).

rie d'Obuchow-Russie et aux usines de Dillingen-sur-Saar. Cette presse, qui peut forger à volonté de grosses et de petites pièces, est utilisée surtout pour plaques de blindage (1) ; elle est munie de trois appareils moteurs (ne figurant pas à l'exposition) disposés de façon à pouvoir travailler avec les trois cylindres ensemble ou séparément, utilisant ainsi un tiers, ou deux tiers, ou la totalité de la pression disponible ; la course peut, de même, être modifiée à volonté. Cet appareil « colossal », et dont l'application est évidemment restreinte, est vendu au prix approximatif de 1 million de marks ; il comprend notamment les pièces suivantes, toutes en acier coulé ou forgé, savoir :

4 colonnes-supports de 12 *m* de hauteur, poids. .	150 000 *kg*
3 cylindres de presse hydraulique avec les bâtis-entretoises	150 000 —
1 bâti inférieur en plusieurs pièces	400 000 —
Boulons fixant les bâtis supérieur et inférieur aux colonnes.	50 000 —
D'où un poids total, sans accessoires, de. . .	750 000 *kg*

(1) M. G. Richard, dans sa récente étude sur les machines-outils, nous a montré une presse analogue installée en Amérique, et qui a une puissance de 15 000 *t*.

A côté de cet outil trop spécial, et que bien peu d'entre nous auront l'occasion d'appliquer en pratique, et cela surtout si l'on arrive à fabriquer prochainement, par le simple moulage, des plaques de blindage plus économiques et tout aussi résistantes que celles obtenues à la forge et au laminoir, est exposée une **presse** à forger de **1 200** *t*, d'un emploi plus courant et dont la disposition est connue ; la maison Breuer-Schumacher construit ces appareils avec puissances variant de 250 à 3 000 *t*.

La maison **Haniel et Lueg** expose, de son côté, des photographies et des dessins d'une presse à forger de son système, venant concurrencer celles des précédents ; nous en donnons le

A — Cylindre à vapeur (pression 8 kg)
B — Pièce en acier reliant le cylindre A à la presse
C Plongeur de pression agissant dans le cylindre D de la presse et transmettant la pression au grand plongeur E
FF Contreplongeurs hydrauliques (50 atm)
GG Tiges des plongeurs F fixés à la traverse H

Fig. 23. — Principe de la presse à forger Haniel et Lueg.

croquis (*fig.* 23). La machine parait simple, surtout en ce sens qu'il n'y a pas d'organes de distribution sous haute pression, grâce à la disposition du piston plongeur C agissant directement dans le cylindre plongeur D sur le grand plongeur E. Les contre-plongeurs FF sont toujours sous pression (50 atmosphères) et le piston à vapeur est replacé dans sa position primitive, après

chaque coup de presse, par l'eau refoulée de D. On obtient, avec ce système, de 30 à 40 coups par minute ; la maison Haniel-Lueg fabrique des pièces de forge, dans ses ateliers de Dusseldorf-Grafenberg, avec une presse de 2500 *t* de ce système ; elle construit des presses de 300 à 8 000 *t* et a fourni notamment :

1 presse de 1 000 *t* à Copenhague,
1 — 2 500 *t* aux aciéries de Hoerde,
1 — 3 000 *t* aux usines Georg-Marienhütte-Osnabrück,
1 — 5 000 *t* aux ateliers de la Marine russe.

A cet outillage énorme, déjà fort répandu dans les usines de Westphalie, correspondent naturellement des produits proportionnés à sa puissance ; l'exposition nous fournit encore dans ce sens une collection de pièces des plus intéressantes.

C'est l'usine Krupp qui occupe, bien entendu, le premier rang dans ce genre de fabrication pour lequel il faut être à même d'investir des capitaux énormes, qui ne sont, du reste, pas toujours en rapport avec les résultats obtenus, ni même quelquefois avec les exigences des constructions ; les plus grosses de ces pièces de forge sont destinées, du reste, à la marine, et l'on sait l'importance que le gouvernement allemand attache à son développement, conformément à la devise impériale, devenue proverbiale et symbolisée dans la coupole du Palais de l'Industrie par l'une des fresques du peintre Fritz Roeber : « Notre avenir est sur l'eau ».

Nous voyons tout d'abord, dans le pavillon **Krupp**, un **arbre de couche** de 45 *m* de longueur, complètement tourné et perforé ; cet arbre est fabriqué en acier au creuset, et le lingot brut, du poids de 70 000 *kg*, a nécessité le contenu de 1 768 creusets (soit 40 *kg* par creuset) ; le forgeage a eu lieu sous une presse de 5 000 *t* desservie par des ponts roulants jusqu'à 150 *t* de force ; la pièce brute de forge pesait encore 60 705 *kg* et mesurait 46 *m* de longueur. L'arbre fini d'ajustage a un diamètre extérieur de 450 *mm* et un évidement de 120 *mm*, il pèse encore 52 000 *kg;* le noyau correspondant est exposé à côté de l'arbre.

Nous retrouvons une pièce analogue dans le pavillon de la **Société de Bochum** ; quoique de dimensions moindres : $l = 32\,m$ $D = 480\,mm$ $d = 230\,mm$; la presse la plus forte de ces usines est de 4 000 *t ;* le même pavillon contient encore un piston en acier de 2 600 *mm* de diamètre, un cylindre en acier forgé pour blooming, un arbre à trois coudes, pour navire, pesant 10 *t*.

Nous avons remarqué encore, au pavillon **Krupp**, deux **trépans** de système spécial destinés à des travaux au rocher, dans le Rhin, près de Bingen ; ces trépans ont, à l'état neuf, une longueur de 9,50 *m* et pèsent 10 730 *kg*; ils sont en acier doux, coulé sur une tranche en acier au creuset amenée à 3 *m* de longueur après forgeage; dans le trépan usé d'environ 2,50 *m*, il ne reste que quelques décimètres de la partie aciérée qui a écrasé, en 165 500 coups, une couche d'ardoises dures et de graüwacke de 2 *m* d'épaisseur et de 27 600 *m*² de surface *(fig. 24)*.

Le long de la face arrière du pavillon est exposé encore un arbre de couche destiné à un transatlantique et comprenant une partie à six coudes en acier au nickel; les poids des divers segments de cet arbre, qui a une longueur totale de 71 *m* et porte une hélice en bronze avec moyeu en fonte pesant 30 000 *kg*, sont les suivants :

		Essais :	
	Poids.	Charge de rupture.	Allongement 0/0.
Arbre de butée en acier au nickel	18 170 *kg*	55,6 *kg*	21,5
5 pièces intermédiaires en acier Martin	66 870 *kg*	54,5 *kg*	24,0
1 arbre porte-hélice en acier au creuset.	27 160 *kg*	52,1 *kg*	22,0
Pièce à six coudes en acier au nickel	114 000 *kg*	60,5 *kg*	21,0

d'où. . . . . 226 200 *kg* de poids total pour cette transmission.

La maison Krupp expose encore des *essieux creux* pour wagons et surtout pour locomotives, fabriqués en tubes étirés sans soudure et qui paraissent être une nouveauté; leur adoption paraît cependant devoir entraîner une augmentation du diamètre des tourillons et, par suite, une modification des boîtes à graisse, etc.

Nous trouvons encore dans le même ordre d'idées un *wagon-plate-forme* à deux trucs de deux essieux chacun et composé uniquement de *tôles embouties* à la presse; la charge utile de ce wagon étant de 42 000 *kg* pour un poids mort de 13 600 *kg* seulement au lieu de 20 000 *kg* en cas de fers profilés rivés, il y a une économie de 6 400 *kg* de métal; cet emploi des pièces embouties, qui n'est, du reste, pas nouveau, mais que nous voyons déve-

loppé pour la première fois d'une façon aussi complète, nous paraît avoir un sérieux avenir pour matériel roulant des chemins de fer; les autres données de ce wagon-plate-forme sont :

Écartement total des essieux, 7,80 *m*.
Écartement des essieux des trucs, 1,80 *m*.
Longueur de la plate-forme, 10 *m*.
Surface de chargement, 29 m^2.

Parmi les autres produits de ce pavillon fabriqués à la presse, nous signalerons la série des **obus** de toutes dimensions, mais sans entrer dans la discussion délicate de la qualité, aucune donnée dans ce sens n'étant fournie par l'exposition; la même observation s'applique aux obus exposés par d'autres usines, telles que celles de *Ehrhardt* (Rheinische Metallwaaren), du

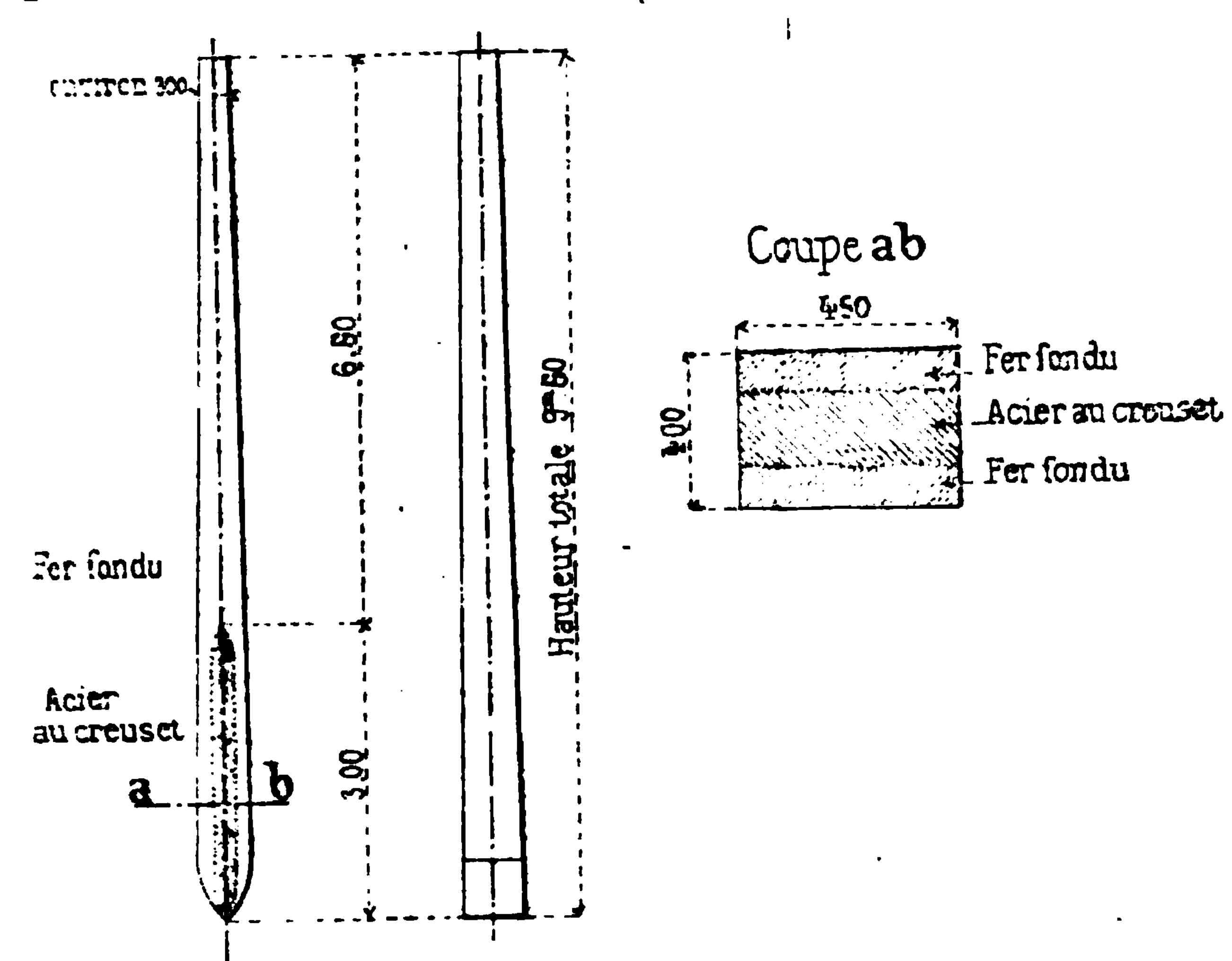


Fig. 24. — Trépan spécial Krupp pour travaux de dérochement.

Phœnix, etc.; il n'y a pas non plus d'indications relatives à l'obus à coiffe en plomb ou en métal doux, ni à l'effet relatif des obus les plus nouveaux par rapport aux plaques, que nous étudierons plus loin.

Les **tubes de canons** figurent surtout dans les pavillons **Krupp** et **Ehrhardt,** cette dernière maison ne dépassant pas cependant certaines dimensions moyennes; nous ne signalerons ici que quelques essais faits à Essen sur des tubes en acier, les détails de cette exposition étant plutôt du ressort de l'artillerie, et noterons pour mémoire quelques données concernant les pièces les plus lourdes exposées par les usines Krupp, savoir :

Données balistiques relatives aux plus lourdes pièces exposées dans le pavillon Fr. Krupp.

	POIDS			Vitesse initiale du projectile		Force vive du projectile à la bouche		Le projectile traverse près de la bouche		A l'élévation maximum	
	de la bouche à feu	du projectile léger	du projectile lourd	léger	lourd	total	par kg du poids de la bouche à feu	une plaque de fer forgé de	une plaque d'acier non trempé de	de	la portée est de
	kg	*kg*	*kg*					*cm*	*cm*	*degrés*	*m*
1. Canon de 30,5 *cm* L/40 sur affût de côte à pivot central.	50 300	350	445	926	820	15 250	303	140	97	+ 22	20 200
2. Canon de 28 *cm* L/40 sur affût de bord à pivot central.	38 500	270	345	888	785	10 870	282	120,4	83,1	+ 30	21 170
3. Obusier de 28 *cm* L/12 sur affût de côte à pivot central.	10 780	215	345	425	335	1 980	184	—	24,7	+ 43 + 65	11 200 9 700
4. Canon de 21 *cm* L/40 sur affût à éclipse à pivot central.	16 400	113	140	812	730	3 800	231	78,9	53,6	+ 15	12 520
5. Canon de 19 *cm* L/40 sur affût de bord à pivot central.	9 950	85	107	807	720	2 825	284	71,2	48,3	+ 20	13 700
6. Canon de 15 *cm* L/40 sur affût de côte à pivot central.	5 880	41	41	881	881	1 620	276	63,6	42,1	+ 21	13 850

C'est ensuite dans le pavillon de **Hoerde** (n° 29 du plan) que nous trouvons les plus grandes pièces de forge fabriquées sous une presse de 2500 *t*, nous citerons ici les suivantes :

a) Un arbre de couche creux à brides, diamètre extérieur, 500 *mm*; diamètre des brides, 880 *mm*; longueur, 8,800 *m*; poids, 12000 *kg*; l'évidement a un diamètre de 95 *mm*, qui se réduit, à la partie conique, à 50 *mm*;

b) Un arbre à trois coudes, pour moteur Oechelhœuser, de 500 *ch*, de 800 *mm* de course; poids total, 14737 *kg*;

c) Un arbre à deux coudes, pour moteur Otto, de 1 000 *ch*, de 1 *m* de course (rayon de manivelle 0,500 *m*); les tourillons de cet arbre ont un diamètre de 390 *mm* et une portée de 770 *mm*; la longueur totale de cette pièce est de 8,40 *m*, et son poids de 10455 *kg* (1).

Les usines de Hoerde sont aussi très bien installées pour l'*emboutissage des tôles* de grande dimension et exposent, en conséquence, des longerons en tôle emboutie pour wagons et trucs, et des fonds de chaudière dont l'un à trois ouvertures (deux tubes et un trou d'homme) a 3600 *mm* de diamètre; la hauteur du rebord étant de 210 *mm*, il en résulte, pour la tôle ronde primitive un diamètre de 4020 *mm*.

La Gutehoffnungshütte-Oberhausen (n° 95 du plan), démontre, de son côté, la puissance de son outillage, par un arbre de couche de 32 *m* de long, diamètre 400 *mm*, et évidé à 150 *mm*; le noyau étant exposé de même; son poids est de 32000 *kg*; nous remarquons, dans le même pavillon, un arbre de couche de réserve en six pièces, pesant 52400 *kg*; un arbre de volant pour soufflerie, en acier au nickel, un cylindre de blooming, en acier forgé, des ancres, des chaines, dont l'une, en fer rond de 60 *mm* et une autre ayant été en usage pour traînage mécanique, pendant six ans, et dont l'usure, aux joints, n'est que de 2,5 à 3 *mm*.

Dans la halle des machines, c'est la maison **Haniel et Lueg**, dont nous avons mentionné la presse à forger, qui expose quelques pièces spéciales, parmi lesquelles on remarque, notamment, un *arbre de couche* pesant 37348 *kg* et un arbre à trois coudes, tous deux en acier au nickel fabriqué au four Martin; les essais de réception officiels de ces pièces destinées au Lloyd allemand, ont donné :

(1) Ces deux arbres sont des pièces de rechange destinées précisément aux trois moteurs Oechelhœuser de 500 *ch* et aux deux moteurs Otto-Deutz qui fonctionnent à la station centrale électrique de l'usine de Hoerde.

	Charge de rupture.	Allongement.	Contraction.	Limite d'élasticité.
	—	—	—	—
	kg par mm^2	0/0	0/0	kg par mm^2
Deux joues de manivelles . .	41,1	30,5	57,1	28,7
Deux tourillons à brides et un tourillon.	43,0	28,0	57,7	28,4
Une joue de manivelle (a). .	47,8	27,5	61,5	30,6
Une joue de manivelle (b). .	45,5	27,5	60,3	28,7
Deux tourillons à brides. . .	47,8	27,5	57,8	26,6
Un tourillon	47,1	26,0	65,2	29,2

Nous citerons encore pour leurs pièces de forge les **aciéries de Witten** dont il a déjà été question pour les moulages en acier; nous relevons, dans l'exposition de Witten :

a) Un *arbre* à deux manivelles de 7,50 *m*, portant ses deux bielles montées et destiné à un moteur Otto-Deutz de 400 *ch*, la course étant de 900 *mm*;

b) Deux *manivelles* pour machine à vapeur et pesant, l'une 800 *kg* (course 1,200 *m*) l'autre 2 000 *kg* (course 2 *m*);

c) Des pièces de forge diverses pour locomotives, pour canons de campagne;

d) Une collection de pièces en *tôle d'acier emboutie* pour affûts de canons et dont l'application est illustrée par une pièce de montagne de 7,5 *cm*, entièrement démontable;

e) Une collection de *canons de fusils* de chasse et de guerre, en acier au creuset « Excelsior » la fabrication d'un canon étant démontrée dans ses quatre phases principales par des pièces coupées; les livraisons des aciéries de Witten ont atteint, depuis la création :

2 610 000 pièces de canons de fusils finis d'ajustage,
1 307 000 — — — forgés ou laminés fournis bruts,

Soit 3 917 000 pièces en tout;

f) Enfin, il y a lieu de noter l'intéressante collection de projectiles de toutes grandeurs.

Parmi les exposants de l'Exposition collective du pays de Siegen, nous rencontrons encore une usine fabriquant d'importantes pièces de forge; c'est la **Charlottenhuette** de **Niederschelden-sur-Sieg**, qui expose des paires de roues, des essieux droits pour wagons et essieux coudés pour locomotives, ainsi que des moulages d'acier parmi lesquels il faut citer un pignon creux.

Pour terminer cette revue déjà trop longue des pièces de

forge, nous mentionnerons encore les **aciéries d'Oberbilk**, anciennement **Poensgen Giesbers et Cie à Dusseldorf**, qui paraissent outillées spécialement pour la forge (arbre de couche avec son hélice) et pour la fabrication des bandages, des essieux et des centres de roues, puis enfin les **aciéries Westphaliennes** de **Bochum**, qui exposent un arbre coudé pour machine de transatlantique, pesant 15 *t* et un arbre à hélice évidé ($l = 5\,730$ *mm*, $d = 333$ *mm*, poids 5,000 *kg*); les essais pour la réception de l'arbre coudé ont donné :

	Charge de rupture.	Allongement.	Contraction.	Élasticité.
	kg	0/0	0/0	*kg*
Pour les joues de manivelle .	42,5	23,0	57,9	27,5
Pour les deux tourillons. . .	48,3	29,5	61,2	28,0

Nous devons étudier encore une catégorie de produits qui tiennent le milieu entre les pièces de forge et les objets laminés tout en rentrant partiellement, et cela tout récemment, dans celle des moulages; il s'agit ici des **plaques de blindage** de grande dimension, qui ne sont exposées que par la maison **Krupp d'Essen** et forment une des parties les plus intéressantes de cette exposition si variée. La collection des plaques Krupp est, en effet, instructive non pas tant au point de vue militaire proprement dit, et de l'image très nette qu'elle donne de la lutte, de plus en plus difficile entre la plaque et l'obus, lutte dans laquelle la plaque paraît avoir, pour le moment, le dernier mot, du moins dans les conditions d'essai que nous montrent ces usines, mais c'est à un point de vue spécialement métallurgique que nous devons nous y arrêter, en ce sens que nous sommes frappés là encore, par l'*application du moulage de l'acier* venant remplacer le travail mécanique à chaud avec ses installations et ses manipulations coûteuses.

Devant le pavillon Krupp (n° 27 du plan) est placée tout d'abord une des plus grandes plaques laminées probablement à ce jour; elle mesure 13,160 *m* × 3,400 *m* × 300 *mm* et pèse 106 000 *kg*; le lingot méplat ayant servi à la fabrication mesurait 4,360 *m* × 3,780 *m* × 1,020 *m* et pesait 130 000 *kg*, ce qui répond à un déchet de 18,5 0/0; ce lingot, réchauffé dans un four à sole mobile, a été laminé directement au grand train à cylindres de 4 *m* de table, représenté à l'exposition (1).

(1) Il y avait à l'exposition de Chicago, en 1893, une plaque de 62 400 *kg* seulement, mesurant 8,270 × 3,810 *m* × 310 *mm*, considérée, à cette époque, comme une des plus grandes qu'il fût possible de laminer.

A côté de cette plaque monstre, dont nous ne discuterons pas l'utilité pratique, se trouve une série d'autres plaques essayées au tir, dans des conditions déterminées.

Les premières sont des *plaques compound* fabriquées en 1891-1892 par le procédé Wilson, acier Martin dur, coulé sur du fer laminé, le tout étant laminé ensuite sans recuit ni trempe supplémentaire. Viennent ensuite des plaques en *acier au nickel doux* fabriqué au four Martin (1892-1893) et indiquant une grande ténacité, mais trop douces. Dans la troisième catégorie, nous trouvons la plaque en *acier au nickel trempé à l'huile* (1893-1894) toujours très douce mais plus résistante que les précédentes. En 1893-1894 on essayait en même temps, au polygone de Meppen, les plaques en *acier au nickel trempées sur une face* (harveyées) et qui sont employées encore aujourd'hui presque exclusivement pour les navires; ces plaques, en acier Martin, sont soumises, après laminage, à une trempe superficielle qui leur donne la dureté nécessaire et on admet qu'avec obus d'un calibre égal à l'épaisseur de la plaque, la résistance de celle-ci est équivalente à celle d'une plaque de fer d'épaisseur triple ou d'une plaque en acier doux d'épaisseur double.

Plus récemment enfin, les usines Krupp ont fabriqué des plaques en *acier au nickel coulé et trempé*; les résistances au tir de ces plaques ne sont pas tout à fait comparables à ceux obtenus avec les plaques laminées, mais cependant assez remarquables pour nous faire admettre la possibilité de la fabrication future de plaques uniquement moulées (1). Ces plaques moulées s'emploient actuellement déjà dans des cas spéciaux où des formes un peu compliquées et des épaisseurs inégales ne permettent pas le laminage et nécessitent un travail coûteux à la presse ; tel est le cas, par exemple, pour les parties de tourelles, de coupoles, etc. On remarque, aux cassures de ces plaques, un grain très fin à la surface et, en résumé, une qualité peu inférieure à celle des pièces en acier laminé et trempé. La série d'essais que nous reproduisons ci-après permet de se rendre compte plus exactement de l'état actuel de cette fabrication et des phases par lesquelles elle a passé depuis 1890.

(1) M. Auguste Dutreux nous fait observer, à cette occasion, que déjà, à l'exposition de 1900, la Société de Châtillon-Commentry a exposé une plaque de blindage en acier moulé et qui a vivement excité la curiosité des spécialistes; on voit donc que la question est loin d'être négligée par nos usines, et il est hors de doute qu'une solution normale interviendra tôt ou tard.

ESSAI N° I

Plaque compound n° 85. — Essai à Meppen, 14 mars 1892.

Dimensions : 3 600 × 2 530 × 400 *mm*.

COUP N°	CALIBRE	POIDS du PROJECTILE	VITESSE D'IMPACT	K_1	K_2	EFFETS PRODUITS	
						SUR LE PROJECTILE	SUR LA PLAQUE
	cm	*kg*	*m*				
1	30,5	323,7	472,6	1,17	0,91	Brisé.	Aucune fissure.
2	30,5	325,0	465,6	1,16	0,90	Rejeté intact.	Pénétration 590 *mm* et fissure jusqu'au bord de la plaque.
3	30,5	323,7	476,1	1,18	0,92	Brisé.	Aucune fissure.

Observations. — Pour les coups 1 et 2, on a employé des projectiles en fonte trempée; pour le n° 3, un obus en acier. La résistance de la plaque répond à celle d'une plaque de 580 *mm* en fer ou 395 *mm* en acier.

Les chiffres K_1 et K_2 indiquent la relation existant entre la vitesse d'impact mesurée et la vitesse de pénétration calculée d'après la formule de Marre pour des plaques de même épaisseur en fer (K_1) ou en acier (K_2).

ESSAI N° II

Plaque acier nickel doux. — Réception Meppen, 10 septembre 1892.

Dimensions : 3 660 × 2 450 × 400 *mm*.

COUP N°	CALIBRE	POIDS du PROJECTILE	VITESSE D'IMPACT	K_1	K_2	EFFETS PRODUITS SUR LE PROJECTILE	EFFETS PRODUITS SUR LA PLAQUE
	cm	*kg*	*m*				
1	30,5	325,7	512,9	1,27	0,99	Brisé et rejeté.	Aucune fissure; pénétration 485 *mm*.
2	30,5	325,3	515,8	1,28	1,00	Id.	Id. Id. 490 *mm*.
3	30,5	324,5	517,8	1,28	1,02	Id.	Id. Id. 500 *mm*.
4	30,5	325,2	515,8	1,28	1,00	Id.	Id. Id. 500 *mm*.
5	30,5	326,0	507,9	1,26	0,98	Id.	Id. Id. non mesurable.

Observations. — Pour les coups 1 à 4, on a employé des obus en acier; pour le n° 5, un projectile en fonte trempée. La résistance de la plaque répond à celle d'une plaque de 700 *mm* en fer ou de 470 *mm* en acier.

ESSAI N° III

Plaque acier nickel trempée à l'huile. — Réception Meppen, 9 septembre 1901 et 24 février 1902.

Dimensions : 1 800 × 1 800 × 153 *mm*.

COUP N°	CALIBRE	POIDS du PROJECTILE	VITESSE D'IMPACT	K_1	K_2	EFFETS PRODUITS SUR LE PROJECTILE	EFFETS PRODUITS SUR LA PLAQUE
	cm	*kg*	*m*				
1	15	51,0	401,0	1,26	1,03	Intact, rejeté à 20 *m*.	Aucune fissure; pénétration 198 *mm*.
2	15	51,0	401,0	1,26	1,03	Id. 20 *m*.	Id. Id. 199 *mm*.
3	15	51,0	401,0	1,26	1,03	Id. 10 *m*.	Id. Id. 200 *mm*.
4	15	51,0	401,0	1,26	1,03	Id. 20 *m*.	Id. Id. 208 *mm*.
5	15	51,0	401,0	1,26	1,03	Id. 15 *m*.	Id. Id. 196 *mm*.
6	15	51,0	400,0	1,25	1,03	Id. 14 *m*.	Id. Id. 193 *mm*.
7	15	50,9	400,0	1,25	1,03	Brisé.	Id. Id. 1,5 *mm*.

Observations. — Pour les coups 1 à 6, on a employé des obus en acier; pour le n° 7, un obus en fonte; les coups 1 à 6 auraient traversé une plaque en fer de 218 *mm* ou en acier de 160 *mm*. La résistance de la plaque est en réalité bien plus grande et répond à celle d'une plaque de 295 *mm* en fer et 210 *mm* en acier.

ESSAI N° IV

Plaque acier nickel trempée sur une face. — Réception Meppen, 24 octobre 1900 et 16 août 1901.

Dimensions : 4 800 × 2 200 × 140 *mm*.

COUP N°	CALIBRE	POIDS du PROJECTILE	VITESSE D'IMPACT	K_1	K_2	EFFETS PRODUITS SUR LE PROJECTILE	EFFETS PRODUITS SUR LA PLAQUE
	cm	*kg*	*m*				
1	15	51,0	576,0	1,92	1,58	Brisé.	Aucune fissure; pénétration 70 *mm*.
2	15	51,0	594,4	1,97	1,63	Id.	Id. Id. 115 *mm*.
3	15	51,0	591,4	1,96	1,62	Id.	Id. Id. 105 *mm*.
4	15	39,9	741,4	2,19	1,80	Id.	Id. Id. non mesurable.
5	15	39,9	768,8	2,26	1,86	Id.	Id. Id. Id.
6	15	40,05	768,8	2,27	1,87	Id.	Id. Id. Id.

Observations. — Pour les coups 1, 2, 3 : obus en acier; pour 4 à 6 : obus chargés. Le coup n° 2 aurait traversé une plaque de fer de 400 *mm* et en acier de 280,5 *mm*, et la limite de résistance de la plaque n'était pas encore atteinte.

ESSAI N° V

Plaque acier nickel coulé et trempé. — Essai à Meppen, 2 avril 1902.

Dimensions : 2 500 × 1 800 × 150 *mm.*

COUP N°	CALIBRE	POIDS du PROJECTILE	VITESSE D'IMPACT	K_1	K_2	EFFETS PRODUITS SUR LE PROJECTILE	EFFETS PRODUITS SUR LA PLAQUE
	cm	*kg*	*m*				
1	15	51,0	537,3	1,67	1,37	Brisé.	Aucune fissure; pénétration 35 *mm.*
2	15	51,0	547,2	1,70	1,39	Id.	Id. Id. 55 *mm.*
3	15	51,0	561,2	1,75	1,43	Id.	Id. Id. 60 *mm.*
4	15	51,0	567,2	1,77	1,44	Id.	Id. Id. non mesurable.
5	15	51,0	578,6	1,80	1,47	Id.	Id. Id. Id.

Observations. — Les projectiles étaient tous des obus en acier. Le coup n° 5 aurait traversé une plaque en fer de 385,5 *mm* ou une plaque en acier de 270 *mm.* La limite de résistance de la plaque n'a pas été atteinte.

ESSAI N° VI

Coupole acier nickel coulé et trempé. — Essai Meppen, 8 et 28 janvier 1902.

Diamètre : 2 412 *mm*; hauteur : 685 *mm*; épaisseur : 200 *mm*; rayon de courbure : 1 650 *mm*.

COUP N°	CALIBBE	POIDS du PROJECTILE	VITESSE D'IMPACT	K_1	K_2	EFFETS PRODUITS SUR LE PROJECTILE	EFFETS PRODUITS SUR LA PLAQUE
	cm	*kg*	*m*				
1	21	91,35	520,8	—	—	Brisé; angle d'incidence 55°	Aucune fissure; pénétration 30 *mm*.
2	21	94,4	306,8	0,85	0,69	Id. Id. 90°	Id. Id. imperceptible.
3	15	45,5	753,4	—	—	Id. Id. 45°	Id. Id. 30 *mm*.
4	25,4	Obus explosif en acier pesant 270,28 *kg* chargé de 31 *kg* d'acide picrique. — L'obus a été placé à plat sur la coupole, puis amené à explosion.					Aucune fissure. Impression de 5 à 8 *mm*.

Observations. — Pour les coups de 1 à 3, on a employé des obus en acier; le coup n° 2 aurait traversé une plaque en fer de 134 *mm* et en acier de 112 *mm*; l'effet sur la coupole a été extrêmement faible.

LAMINOIRS ET ACCESSOIRES, PRODUITS LAMINÉS DIVERS

On sait que la construction des appareils de laminage a pris depuis longtemps en Allemagne une extension considérable, et que c'est ce pays qui fournit ces engins à presque toute l'Europe et en exporte un peu partout; les constructeurs allemands n'ont en effet pas perdu de vue le perfectionnement successif de chaque détail des trains, ils ont mis à profit judicieusement les améliorations et les inventions américaines; ils ont tenu compte des modifications dans la fabrication proprement dite, des exigences nouvelles relatives aux qualités du métal produit pour les usages nouveaux, enfin ils n'ont pas hésité devant les fortes dépenses nécessitées par le perfectionnement de l'outillage et devant l'entreprise de constructions de plus en plus grandes; nous avons vu déjà la presse de 10 000 *t*, les gros cylindres en fonte et en acier coulé ou forgé, les cages en acier coulé pour trains à blindage, etc. qui dénotent suffisamment la tendance au progrès poursuivie sans relâche.

Les constructeurs rheno-westphaliens ont tenu à montrer en détail à l'Exposition de Dusseldorf leur savoir faire et c'est ainsi que nous trouvons non seulement des pièces spéciales destinées à des laminoirs, mais aussi des trains complets en fonctionnement à vide.

Nous avons mentionné déjà le **train à rails** de **Klein frères**, de **Dahlbruch** actionné par le moteur Kœrting de 700 *ch*; dans la halle des machines s'en trouve un autre complètement installé par les ateliers **Bechem et Keetman** de **Duisburg**; c'est un **trio universel** muni de sa machine motrice, de ses tabliers releveurs et de tous ses accessoires; le constructeur nous informe que ce train est le 56e de ce type fourni par lui. Le dessin *(Pl. 33, fig. 30* et *31)* donne la disposition de l'exposition Bechem et Keetman dans la halle des machines, en plan et en coupe, ainsi que l'ensemble du laminoir exposé. Le moteur est compound-tandem (*d* = 750 *mm*, D = 1 060 *mm*) fournissant, avec vapeur de 10 *kg*, environ 1 100 *ch* et faisant 70 à 100 tours; le poids de ce moteur est de 82 *t*; le volant à bras en fer, construction appliquée partout aujourd'hui, a un diamètre de 7,80 *m* et pèse 53 *t*. Le train lui-même comprend:

Deux cylindres de 1 200 *mm* de table et 700 *mm* de diamètre

Un cylindre intermédiaire de 1 200 *mm* de table et 560 *mm* de diamètre.

Deux cylindres verticaux de 500 *mm* de diamètre placés à l'arrière du train.

On peut laminer des larges-plats depuis 150 *mm* jusqu'à 1 *m* de largeur, l'écartement maximum vertical des cylindres étant de 350 *mm* ; la production avec blooms de poids moyen, atteint facilement 100 *t* par poste de 10 heures.

Nous avons remarqué principalement dans cette construction les détails suivants que nous croyons devoir signaler :

a) Suppression de tous boulons noyés dans les montants des cages et emploi de boulons à T.

b) Les guidages des cylindres verticaux sont garnis de cornières d'usure de remplacement facile et économique.

c) Les pièces à laminer sont guidées à l'entrée et à la sortie des cylindres par deux lames-guides de champ en empêchant la déviation et par suite les accidents ; l'écartement de ces guides est réglé par des vis à manettes.

d) Les appareils indicateurs du serrage des cylindres sont doubles et à grande échelle, visibles à l'avant et à l'arrière du train, à la fois pour le contremaître et pour le mécanicien des moteurs de secours ; il y a donc contrôle réciproque évitant les erreurs.

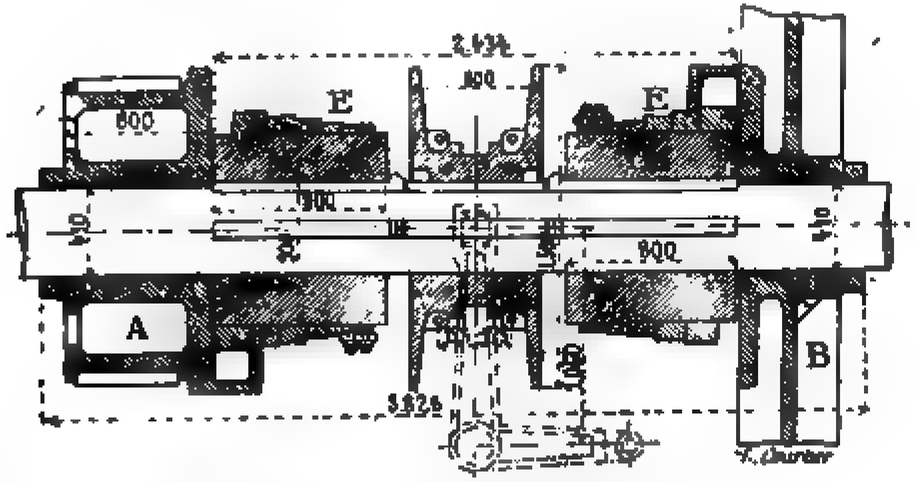
e) Pour faciliter les changements des cylindres par le côté, les cages étant fermées, les empoises sont maintenues par plaques rapportées.

Le relèvement des tabliers à rouleaux de 7 *m* de longueur et 1 200 *mm* de large, est obtenu par un cylindre à vapeur horizontal et leviers de renvoi et la partie antérieure du tablier d'avant est supportée par un piston hydraulique. Le serrage des cylindres est obtenu par de petits moteurs de 160 × 240 *mm* pouvant être remplacés avantageusement par des dynamos.

Dans la halle des machines, nous voyons encore une cage de **laminoir universel** exposée par la maison **Sack, de Dusseldorf** avec guidage supérieur des cylindres verticaux renforcé et destiné à décharger les crapaudines inférieures ; le serrage est fait par électromoteur. La cage, en acier coulé, a été livrée par les Aciéries de Witten et pèse 24 520 *kg*.

Pour les manipulations que nécessitent les gros trains actuels basés sur l'emploi courant de lingots de 2 à 3 *t* (réduction du

déchet) de bloomings et de cisailles hydrauliques, on a recours aussi à des appareils de levage, puissants proportionnés aux engins nouveaux. Là encore, les ponts roulants jouent un rôle important; celui de la maison Bechem et Keetman a été déjà mentionné (page 71); nous voyons d'autre part, parmi les nombreuses photographies de la maison **Stuckenholz**, celle d'une installation faite aux laminoirs de **Meiderich** près Ruhrort et permettant de changer en une seule fois et dans l'espace d'une demi-heure une *cage complète garnie de ses cylindres*, la garniture nouvelle étant préparée à part est ainsi rapidement mise en place; le pont roulant, muni de trois moteurs électriques, a une puissance de **150** *t* et a été essayé à **200** *t*, la portée n'est que de **11** *m*; afin de réduire à un minimum la charge sur chacun des



A Pignons de transmission du laminoir.
B Roue d'engrenage
E Bandes en acier à ressorts formant l'embrayage
M Manchons en fonte trempée fixés sur l'arbre.

Fig. 25. — **Embrayage Louis Schwartz, installé à Fagersta (Suède), pour 5.000 chevaux à 45 tours par minute, sur un train réversible.**

galets de roulement, on a muni le pont de **12** galets et le chariot repose sur 8 galets; quant à la section de la chaine non utilisée elle est reportée en dehors des poutres principales du pont, de façon à réduire à un minimum la portée du chariot du treuil. Le dessin *(Pl. 33, fig. 32 et 33)* indique la disposition d'ensemble de cet agencement intéressant tel qu'il fonctionne à Meiderich et auquel on ne peut reprocher que la nécessité d'avoir de nombreuses pièces de rechange très coûteuses (cages complètes) en réserve.

En ce qui concerne la construction proprement dite des laminoirs, nous devons signaler encore l'**embrayage** du système **Louis Schwartz de Dortmund** qui est appliqué précisément

au train à rails de Klein frères, aussi bien au dégrossisseur qu'au finisseur. Cet embrayage est basé sur le principe des freins et se compose d'un simple ressort en spirale de section carrée, fixé à une bride de l'arbre du train et entourant l'arbre moteur qui est muni d'un manchon en fonte trempée; le frottement entre le ressort et le manchon, engagé par un simple jeu de leviers, donne lieu à un serrage successif sans secousse et cependant très rapide *(fig. 25)*. La maison Schwartz a appliqué ce système à des trains réversibles, ce qui a permis de revenir à l'ancien système de réversibles actionnés par machines à volant plus légères et plus économiques que les machines réversibles et qui avait été abandonné depuis longtemps par suite des chocs et des ruptures auxquels donnait lieu l'ancien embrayage à griffes; un petit modèle de cette application fonctionne à l'Exposition. Cet embrayage à frein a été installé notamment aux usines Krupp, Phœnix, puis à Fagersta (Suède) où il transmet 5 000 *ch* à 47 tours par minute pour train réversible; on peut le construire pour puissances jusqu'à 10 000 *ch* sans inconvénient.

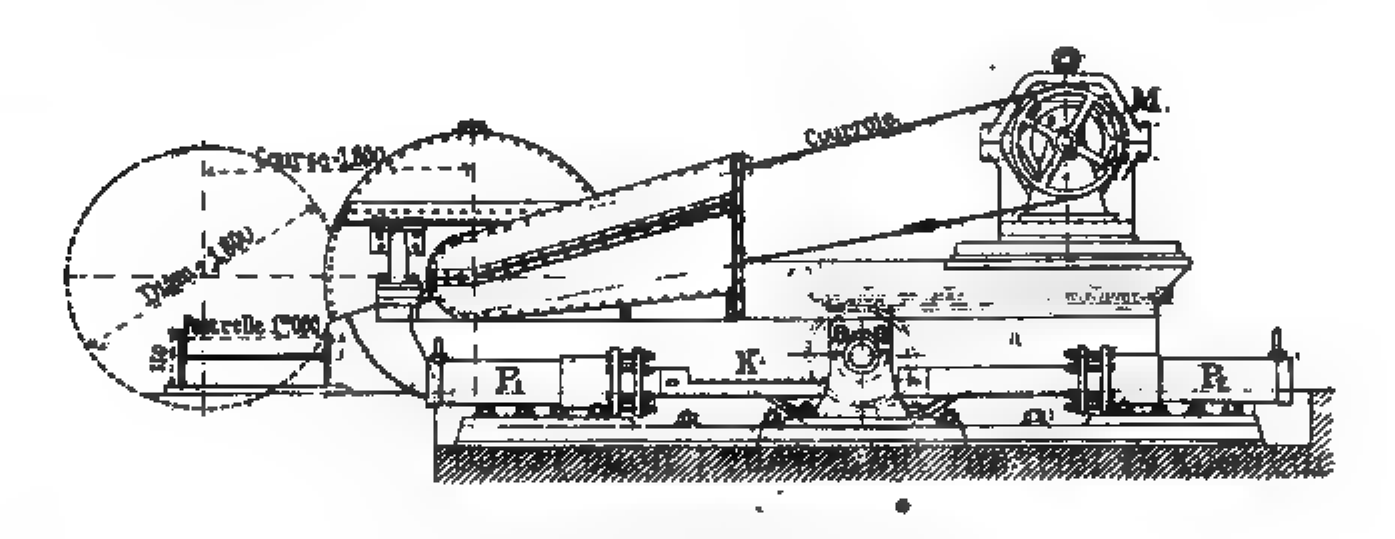
Pour traiter les produits laminés aux énormes trains à forte production d'aujourd'hui, il a fallu nécessairement construire aussi des appareils spéciaux, notamment des scies à chaud, des cisailles, des transporteurs mécaniques, etc.

L'exposition **Laeis et Cie**, de **Trèves**, nous présente précisément deux **scies à chaud** de grandes dimensions; l'une est la scie à pendule connue; la lame a 1 400 *mm* de diamètre, la vitesse à la circonférence est de 75 *m* par seconde et elle peut couper soit des blooms de 200 × 200 *mm*, soit des poutrelles jusqu'à 600 *mm*, les mouvements sont hydrauliques et la rotation peut être obtenue à volonté par moteur à vapeur, à gaz ou électrique. La seconde scie est de construction plus nouvelle: c'est une *scie à chariot* construite spécialement pour pouvoir couper des poutrelles jusqu'à 1 *m* de hauteur et 350 *mm* de table. La course de la scie avec le chariot est de 1800 *mm*, la lame circulaire a de même un diamètre de 1800 *mm* et le moteur électrique placé à l'arrière du chariot et se déplaçant avec lui et la transmission par courroie latérale, développe 120 *ch*; les déplacements horizontaux du chariot sont obtenus par deux pistons hydrauliques avec crémaillère et pignon *(fig. 26)*.

Nous étudierons à une autre occasion les dispositions employées dans les usines pour les manipulations des lingots, démoulage

par strippers, cisailles à chaud et à froid, transporteurs et chargeurs pour billettes en grande quantité, etc. et qui ne rentrent plus dans la présente étude, quoique de nombreuses photographies y relatives soient exposées.

Si nous passons maintenant en revue les **produits des laminoirs** figurant à l'Exposition, nous pouvons nous rendre compte de la puissance des engins dont disposent certaines usines de la



M — Dynamomotrice
R,R. — Cylindres hydrau
pour deplacemen
chariot
N — Crémaillère mot
du chariot

Fig. 26. — Scie à chaud à chariot (système Laeis et Cie).

région ; il y a tout d'abord l'énorme *tôle d'acier* du pavillon **Krupp** pesant *29 500 kg* et mesurant 26,80 *m* × 3,65 *m* × 38,5 *mm* ; dans le pavillon de la **Gutehoffnungshütte-Oberhausen** se trouvent les pièces suivantes :

Une tôle de 20 *m* × 3,05 *m* × 32 *mm* pesant 15 500 *kg*.
— 20 *m* × 1,35 *m* × 7,5 — 1 600
Une tôle ronde de 4 *m* × 24 *mm* — 5 650
Une tôle striée de 10 *m* × 1,30 *m* × 7 *mm* — 780

Une série de *poutrelles* de 20 *m* de longueur et 240 à 550 *mm* de hauteur.

Les *rails* y sont représentés par de nombreux profils et systèmes divers d'éclissage, par des rails à gorge, etc.

Les produits des laminoirs de **Hoerde** indiquent de même une belle installation des trains divers de cette usine; nous remarquons dans ce pavillon, entre autres les *tôles* suivantes:

Une tôle pour fonds de chaudières de 4,04 *m* × 5 *mm*, pesant. . . . . 515 *kg*
Une tôle pour fonds de chaudières de 4,02 *m* × 31,5 *mm*, pesant. 3 220
Une grande tôle de 22,50 *m* × 3,20 *m* × 17 *mm* (à l'intérieur du pavillon), pesant 9 800
Une grande tôle de 25 *m* × 2,40 *m* × 17 *mm* (à l'extérieur), pesant. 8 150

Le groupe d'objets au centre du pavillon est entouré d'un *rail* de profil normal (41 *kg* par mètre courant) laminé à 76 *m* de longueur et formant balustrade; nous remarquons encore deux *billettes* de 50 × 50 *mm* laminées à 146 et 152 *m* tordues en spirale et disposées en colonne, puis une *poutrelle* de 500 *mm*, laminée à 24,60 *m*, pesant 3 480 *kg*.

Les usines de **Meiderich** près **Ruhrort** (Rheinische Stahlwerke), dont l'outillage est des plus perfectionnés, se contentent de nous montrer, dans le palais de l'Industrie, leurs profils et quelques échantillons de matières premières (charbons, cokes), des lingots et des blooms, une collection de roues à toile pleine laminées, ainsi que des essieux montés, des traverses métalliques et des poutrelles de 400 *mm*; de nombreuses photographies illustrent, par contre, les installations principales de l'usine telles que hauts fourneaux, aciérie Thomas, mélangeurs, etc. En marche normale, on lamine à Meiderich des rails jusqu'à 38 *m*, des traverses métalliques jusqu'à 45 *m*, des poutrelles jusqu'à 50 *m*, enfin, des billettes et des largets jusqu'à 80 et 90 *m* de longueur. Nous comptons étudier plus en détail ces installations dans notre étude ultérieure.

La fabrication des **centres de roues laminés** qui a pris naissance, pour l'Europe, en Westphalie, il y a environ vingt ans, est représentée à l'Exposition par de nombreux échantillons. Dans le pavillon de **Gutehoffnungshütte** nous pouvons, notamment, nous rendre compte des deux modes de fabrication les plus courants (roues en fer soudées et roues laminées) dans les diffé-

rentes phases caractéristiques du travail, depuis les fers et le lingot jusqu'aux roues montées sur leurs essieux ; la fabrication des bandages et des essieux est démontrée de la même façon. Le procédé pour centres en fer soudé est connu et nous ne nous y arrêterons pas ; pour les roues à toile pleine, on voit que le lingot cylindrique est pilonné, percé dans la même chaude, laminé, puis ondulé. De nombreux échantillons traités à l'acide et exposés dans des vitrines, permettent de se rendre compte de la nature des soudures, et des différentes parties des produits laminés, notamment, pour les roues en fer, les bandages, les rails, etc. Des éprouvettes des différents métaux fabriqués à Oberhausen nous fournissent des indications sur la classification adoptée par cette usine et que nous reproduirons ici pour mémoire :

ACIERS MARTIN ET THOMAS (CLASSIFICATION UNIQUE)				FER PUDDLÉ ET CORROYÉ		
Numéros de dureté	Résistance kilogrammes par millimètre carré	Allongement sur 200 millim. 0/0	Teneurs en carbone 0/0	DÉSIGNATION DE LA QUALITÉ	Charge de rupture kilogr. p. millim. carré	Allongement 0/0
000	34 à 37	30 à 25	0,06	Fer du commerce . . .	36,5	18,0
00	37 à 40	22 à 28	0,10	— à rayons pour roues.	36,5	17,5
0	40 à 45	20 à 26	0,17	— à chaînes.	37,0	22,0
1	45 à 50	18 à 25	0,25	— à rivets et boulons. .	38,5	20,0
2	50 à 55	16 à 23	0,31	— à grain fin	37,2	18,0
3	55 à 60	15 à 21	0,37	*N. B.* — La classification des aciers Martin et Thomas est identique. On voit que les fers puddlés sont fabriqués encore pour certains produits spéciaux indiqués ci-dessus ; l'usine d'Oberhausen II dispose, à cet effet, de seize fours à puddler et huit fours à souder.		
4	60 à 65	14 à 20	0,43			
5	65 à 70	12 à 18	0,50			
6	70 à 80	10 à 15	0,60			
7	80 à 90	8 à 12	0,65			

Nous ne pouvons passer sous silence les usines **Phœnix** de **Laar**, près Ruhrort, qui exposent surtout une grande variété de matériel de chemin de fer ; c'est d'abord le *rail Phœnix*, à gorge créé par ces établissements, en 1879, et dont ils ont livré jusqu'à fin 1901 environ 10 000 *km* de voie ; de nombreux aiguillages, un modèle de garage triangulaire à échelle de 1 : 7 1/2 indiquent les applications spéciales du système.

Une *tôle* de 21 *m* × 1,55 *m* × 5 *mm* des laminoirs *Eschweiler*

Aue appartenant à cette société indique que là aussi on a cherché à augmenter la puissance de l'outillage.

Nous retrouvons des *centres de roues* fabriqués par forgeage combiné au laminage, ce dernier ne s'appliquant, paraît-il, qu'à la jante.

Rappelons ici que les usines Phœnix ont toujours été les protagonistes des aciers Thomas, aussi exposent-elles une série d'essais de qualité à l'appui de leur thèse et garantissent-elles des teneurs en carbone à 0,01 0/0 près. Les essais de réception de quelques pièces exposées indiquent les chiffres suivants :

	CHARGE DE RUPTURE kilogrammes p. millim. carré	LIMITE D'ÉLASTICITÉ kilogrammes p. millim. carré	ALLONGEMENT 0/0	CONTRACTION 0/0
Essieux de wagons	59,9	35,2	22,5	39,0
Rails à gorge « Phœnix » . . .	78,2	50,3	14,6	27,8
Bandages.	65,6	38,4	23,0	52,0

Signalons encore une *tôle* en fer fondu Thomas *écrouie* par laminage à froid puis recuite, et qui a donné :

	Après écrouissage.	Après recuit.
Charge de rupture, kilogr. par mill. carré	27,8 *kg*	35,1 *kg*
Limite d'élasticité	18,0	21,5
Allongement 0/0	18,0 0/0	32,5 0/0

Dans la même exposition nous trouvons encore de nombreux produits d'usines secondaires, succursales de celles de Laar et d'Eschweiler-Aue et consistant, notamment, en tôles minces noires, étamées et zinguées, en fils de fer, clous, treillis, câbles métalliques, etc.; ils sont fabriqués par l'*Union Westphalienne* à Hamm, à *Nachrodt*, etc.

Parmi les expositions intéressantes de produits laminés spéciaux il nous reste à faire ressortir encore celle de la Société rhénane des métaux et machines (**Rheinische Metallwaaren und Maschinenfabrik**) dont le principal commanditaire et créateur est M. **H. Ehrhardt**, bien connu par les « corps creux » ; ces produits se trouvent dans le pavillon de cette Société (n° 42 du plan). A côté de collections complètes de canons, d'affûts,

voitures militaires, projectiles de toute grandeur fabriqués à l'usine de Sœmmerda, d'automobiles et même de bicyclettes, de pressoirs, etc., nous remarquons tout spécialement les **tubes soudés en hélice** au moyen du gaz à l'eau (usine de Rath, près Dusseldorf); le plus grand tube de ce système, figurant à l'Exposition, mesure 32 *m* de longueur, diamètre : 416 *mm*, épaisseur de tôle (soudée par recouvrement) : 5 *mm*, poids du tube : 1 830 *kg*; la pression normale à laquelle il doit travailler est de 18 *atm*, et les essais ont été faits à 27 *atm*; un second tube, un peu plus court, a 25 *m* de long, 622 *mm* de diamètre; tôle de 5 *mm*, poids : 2 200 *kg*; pression d'exploitation : 12,5 et 18,5 *atm* aux essais. Nous ne mentionnerons que pour mémoire les *bouteilles* d'acide carbonique, les cartouches dont l'une de 0,80 *m* de hauteur a été emboutie à la presse avec culasse venue d'une seule pièce, des *timons* métalliques pour voitures militaires obtenus sans rivure ni soudure, mais simplement étirés.

Nous ferons ressortir encore tout spécialement les nouveaux produits de l'usine de Reisholz; ce sont les **corps cylindriques laminés sans soudure** obtenus par des opérations successives à chaud, savoir :

a) Lingot de section carrée embouti, à la presse hydraulique, dans une matrice de section circulaire, d'où, centrage parfait; le métal remplissant les segments S de la matrice les chances de criques sont réduites à un minimum;

b) Étirage, à la presse, du lingot ainsi embouti, puis enlèvement du culot;

c) Laminage rapide après une nouvelle chaude de ce corps cylindrique massif, sur un laminoir de construction spéciale avec cylindres en acier pouvant osciller dans tous les sens et réglables pendant le laminage; on obtient ainsi des tubes cylindriques ou coniques d'une grande exactitude.

Les échantillons exposés permettent de se rendre compte approximativement de la marche du travail dont le principe est indiqué par les croquis (1) *(fig. 27)*.

M. Ehrhardt, qui a consacré aux essais plusieurs années et a dépensé à cet effet des sommes considérables, fabrique aujourd'hui couramment, à Reisholz, des cylindres mesurant jusqu'à

(1) Voir aussi *Stahl und Eisen*, N° 5, du 1er mars 1902. Communication faite par M. Ehrhardt sur cette fabrication.

3,50 *m* de longueur et 2 *m* de diamètre ; nous voyons, entre autres, à l'Exposition un cylindre pour calandre à vapeur $l = 2{,}80\ m$, $d = 1\ m$, $e = 15\ mm$, les extrémités sont repliées à

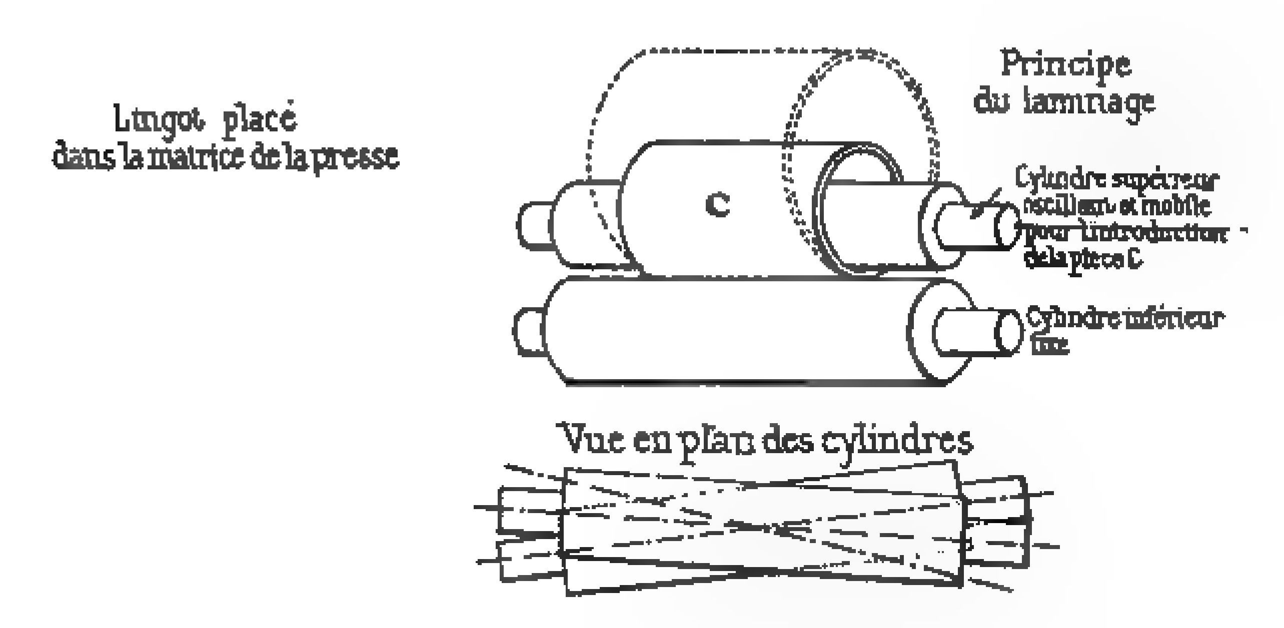


Fig. 27. — Laminage de corps cylindriques sans soudure par le procédé Ehrhardt (usine de Reisholz près Dusseldorf).

la presse (rebords de 60 *mm*) et un corps de chaudière pour locomotive.

Les pièces ainsi fabriquées trouvent leur emploi surtout pour cylindres de presses hydrauliques, conduites à haute pression, corps de chaudières plans ou ondulés, bouilleurs, arbres de couche de gros diamètre, réservoirs cylindriques quelconques, tubes de canons, etc. Nous avons tenu à signaler ce produit nouveau, tout en observant que la dépense que doit nécessiter l'installation (presse, laminoir, moteur de plus de 1 000 *ch*, fours spéciaux, etc.), en limite l'emploi par d'autres fabricants.

La même société nous présente encore un produit intéressant et qui a une certaine prétention à la nouveauté ; ce sont les **roues à rayons laminées.** Le centre de roue est d'abord laminé d'après le procédé connu, au laminoir en usage pour roues à toile pleine, mais avec disposition spéciale à encoches permettant de réserver sur cette toile une série de côtes *r*, destinées à former les rayons *(fig. 28)* ; les parties *e* entre ces côtes sont ensuite enlevées à la presse. Les roues ainsi construites sont plus légères que celles à toile pleine et que celles à rayons ordinaires fabriquées par soudage ; quelques paires de roues sont exposées montées sur leurs essieux. Nous pensons toutefois qu'en présence des roues en acier coulé dont les qualités sont démontrées par les nombreux échantillons mentionnés précédemment,

la fabrication par laminage doit présenter un intérêt décroissant comme étant plus coûteuse. Les essais au choc avec ces roues à rayons laminées indiquent en tous les cas une ténacité remarquable.

La **grosse chaudronnerie** et les **laminoirs à tubes** sont représentés surtout dans le palais de l'industrie par une série importante d'expositions, ce sont notamment :

Schulz et Knaudt de Essen, qui exposent leurs grands corps de chaudières Cornwall ondulés et démontrent la puissance de leurs presses à emboutir et de leurs trains à tôle, par la partie

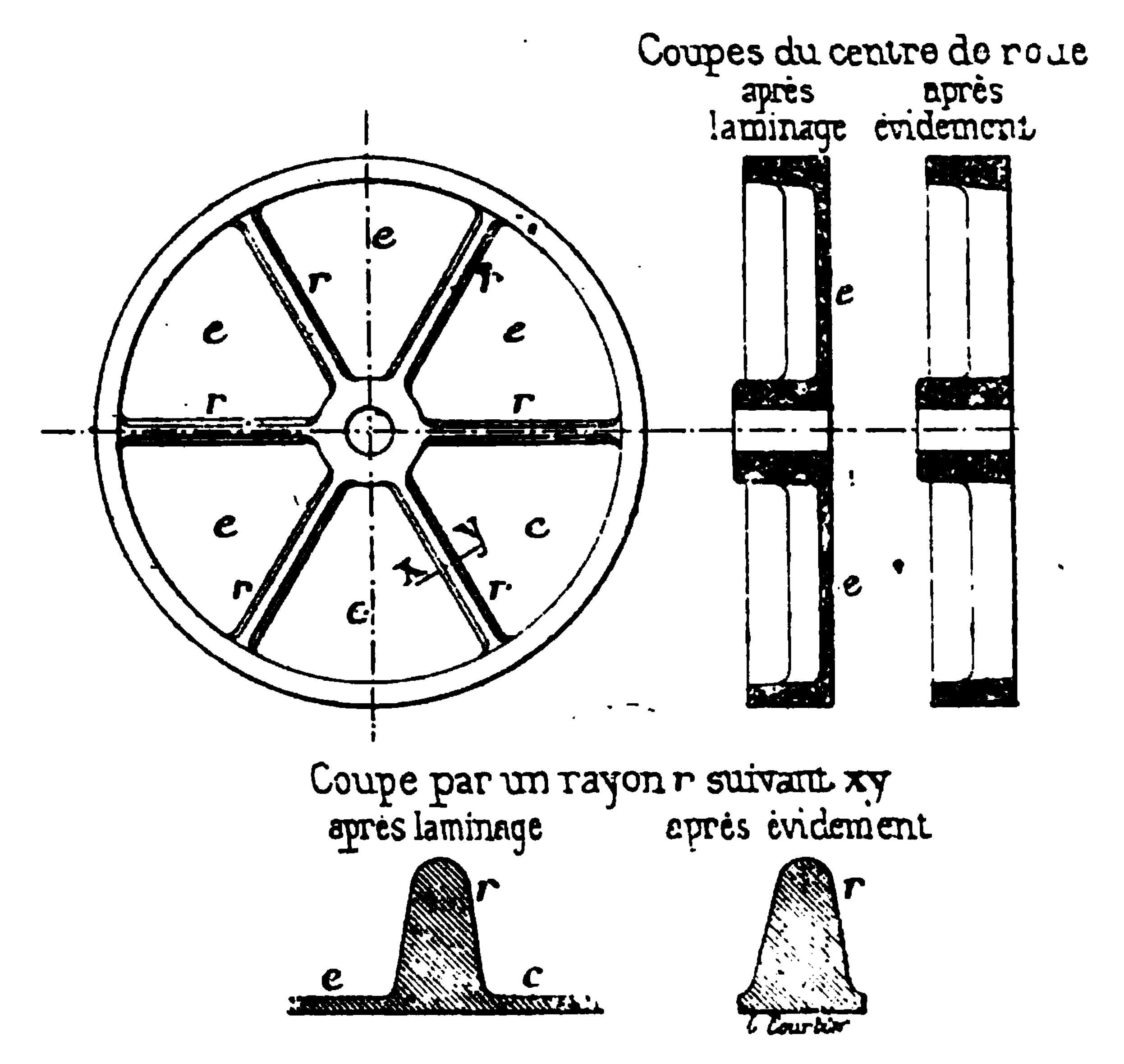


Fig. 28. — Roues à rayons laminées (usines Ehrhardt-Dusseldorf).

inférieure d'une plaque de chaudière marine à quatre ouvertures (diamètre : 5.35 *m*, épaisseur : 30 *mm*) fabriquée en une seule chaude, par un corps de chaudière ondulé après soudure (diamètre : 1,200 *m*, largeur : 11,260 *m*) et par une pièce de fantaisie en tôle de 35 *mm* (hauteur : 3 *m*, diamètre du fût 1 *m*, poids : 2 730 *kg*).

Grillo Funke et Cie de Schalke, qui nous montrent à côté d'énormes fonds de chaudières, une *cuve à zinguer* en tôle de 35 *mm* soudée, et pesant 6 000 *kg;* cette cuve de forme oblongue mesure 4 500 × 1 200 *mm* pour 1 500 *mm* de hauteur. L'un des *fonds de chaudières* plat et fabriqué en une seule chaude, mesure

3175 × 16 *mm*, un autre muni de trois ouvertures à rebords et d'un bossage pour les manomètres et niveaux d'eau a un diamètre de 2400 *mm*; la tôle a 25 *mm* et les trous pour les tubes sont de 1 *m* chacun.

Quant aux laminoirs de ces usines, ils paraissent comparables à ceux de Hoerde à en juger par une *tôle* pliée de 25000 × 2000 × 10 *mm* et qui avait été laminée à 28,50 *m*, par un large plat de 37500 × 300 × 3 *mm* et par une belle collection de *tôles minces* mesurant :

16000 × 1000 × 3 *mm*,
14200 × 1000 × 3 *mm*,
6500 × 1500 × 2 *mm*.

Une tôle pour dynamos de 0,5 *mm* a un diamètre de 1650 *mm*, un autre mesure 0,3 × 600 *mm*. Enfin, comme curiosité, nous mentionnerons des tôles laminées *à chaud* en quatre épaisseurs et qui mesurent l'une :

4000 × 1000 × 0,25 *mm*,

l'autre :

3200 × 600 × 0,06 *mm*.

Les usines **J.-P. Piedbœuf et C**[ie] de **Eller**, près Dusseldorf, fabriquent comme les précédentes, des chaudières en tôles lisses et ondulées, des caisses à tubes pour chaudière Steinmüller, des *tuyaux soudés* de toute sorte.

Les **Dusseldorfer-Rôhren und Eisenwalzwerke** (anciennement Pœnsgen) de Dusseldorf, montrent leurs tubes de toutes dimensions en fer et en acier, soudés et sans soudure, des mâts de signaux, des surchauffeurs de vapeur, des boîtes à feu, des récipients à acide carbonique, etc.

La **Dusseldorfer-Röhrenindustrie** de **Dusseldorf-Oberbilk** présente un tube laminé en une seule pièce de 8,60 *m* de long et 381 *mm* de diamètre extérieur, deux tubes de compensation (repliés en cor de chasse) mesurant 9,50 *m* de longueur et 229 *mm* de diamètre; il y a là encore toute une série de petites poulies métalliques en deux pièces.

Les **Aciéries de Duisburg** exposent de leur côté des mâts de signaux (pavillon spécial n° 54 du plan), puis, dans le palais de l'industrie, des fonds et des corps de chaudières en tôle ondulée, des éprouvettes chargées jusqu'à la limite d'élasticité, etc., une tôle de fond de chaudière de 3950 × 15 *mm*.

Enfin, la Société des **tubes Mannesmann**, qui a des usines à **Rath** (près Dusseldorf), à **Remscheid**, à **Komotau** (Bohême), et à **Bous-sur-Saar**, nous montre une collection intéressante de ses tubes sans soudure, notamment des pièces tordues à froid, des réservoirs à acide carbonique, etc., jusqu'à des tubes de finesse extrême pour bicyclettes.

La fabrication des **tôles minces** et **moyennes** étant très développée, il est tout naturel que les expositions en soient intéressantes ; c'est le pays de **Siegen** qui paraît tenir le premier rang dans cette spécialité, nous signalerons donc :

La **Siegener Eisenindustrie** (anciennement Hesse et Schulte) de **Siegen**, avec tôles grosses et minces en fer fondu ou fer puddlé ; deux tôles lustrées, roulées en fûts de colonne, mesurant 4000 × 1250 *mm* dénotent la puissance des trains de cette usine.

La **Bremerhütte-Aktien-Gesellschaft** de **Weidenau** avec tôles de chaudière de 5250 × 1800 × 14 *mm*, pesant 1050 *kg* et donnant aux essais rupture : 38 *kg*, allongement : 29 0/0.

Les tôleries de **Friedrichshütte** de **Herdorf** avec une tôle analogue de 5230 × 1800 × 12 *mm*, pesant 832 *kg* et tôles diverses lisses, striées, à ampoules; enfin minerais fontes et lingots.

Les **Geisweider Eisenwerke** de **Geisweid**, près Siegen, avec tôle de chaudière de 5200 × 1800 × 22 *mm* pesant 16 000 *kg* ; nous remarquons des *tôles striées*, obtenues par *emboutissage* au laminoir à épaisseur de 1,5, 2,7 et 7 *mm* (brevet français n° 269 858).

Cette usine, qui est une des plus importantes du pays de Siegen, dispose de cinq fours Martin de 12 à 25 *t* et fabrique surtout la tôle mate, noire et lustrée, la tôle moyenne pour chaudières et bateaux, des tôles émaillées, zinguées, étamées et plombées.

La qualité des tôles de Geisweid est illustrée entre autres par l'emboutissage en cinq pressions successives sans recuit d'un vase de 600 *mm* de hauteur et 130 *mm* de diamètre, obtenu avec une tôle ronde de 450 × 1,3 *mm*, puis plané après coup en trois recuits.

Dans la même exposition nous voyons des poteries en tôle émaillée marque « Kosmos » de formes variées.

Signalons encore parmi les fabricants de tôle mince ayant participé à l'exposition :

L'usine **Kapito et Klein** de **Benrath**, qui expose des tôles noires de 0,2 à 15 *mm* jusqu'à 1600 *mm* de largeur, et qui fabrique surtout de grandes quantités de tôles à dynamos (épaisseur : 0,5 *mm* jusqu'à 1400 *mm* de diamètre) ; la consommation de ce produit par un seul constructeur de machines électriques bien connu serait, paraît-il, de 4 000 *t* par an en épaisseurs de 0,35 à 0,5 *mm*.

La maison **P. Harkort et fils** de **Wetter** fabrique des tôles lustrées de très belle apparence et qui paraissent pouvoir lutter avantageusement, au moins d'après leur aspect extérieur, avec les tôles minces lustrées de l'Oural. Pour l'essai des tôles minces, l'usine Harkort expose un instrument automatique actionné par une petite dynamo et qui est d'un emploi très pratique pour tôles de tous métaux (*fig.* 29). Des échantillons des usines Harkort en petites lamelles donnent de 22 à 25 pliages à angle droit. La tôle est serrée entre les mâchoires *m* et deux rochets $k_1 k_2$ fixés au levier oscillant L viennent la plier à chaque oscillation, tantôt à droite, tantôt à gauche ; un ressort *r* assure le contact constant des rochets avec la surface des mâchoires *m* ; des essais faits sur une même éprouvette en différents points, fournissent des résultats absolument concordants.

Fig. 29. — Machine P. Harkort et fils, pour essai des tôles minces.

Signalons, enfin, les tôles minces des usines de **Hœrde**, dont les principales ont les dimensions ci-dessous :

1 780 × 4 300 × 0,35 *mm*	1 900 × 10 250 × 1,70 *mm*
1 840 × 4 600 × 0,40	1 870 × 11 000 × 1,70
1 840 × 5 600 × 0,50	1 600 × 17 000 × 3,50
1 850 × 9 000 × 1,00	1 500 × 21 000 × 5,00

une tôle striée mesure : 1 350 × 11 000 × 4,50 *mm*, enfin une tôle à ampoules laminées sur cylindres brevetés a 1 350 × 8 000 × 1,5 *mm*.

L'exposition collective du pays de Siegen contient encore une vitrine de peu d'apparence, mais sur laquelle nous croyons devoir appeler l'attention ; ce sont les **résultats d'essais** comparatifs faits méthodiquement sur des **tôles de différentes qualités** par une commission officielle constituée à cet effet ; les chiffres ne seront publiés que plus tard, mais nous en avons noté une partie d'après les graphiques exposés. Des tôles en fer corroyé, fer puddlé brut, acier Thomas et acier Martin, sous forme de lamelles de 500 × 100 × 1,5 *mm*, ont été soumises à des influences variées, essayées et pesées avant et après les essais ; les résidus des éprouvettes placées à l'extérieur des coques de navires et ayant fait plusieurs voyages en Asie et en Amérique, et étant restées ainsi dans l'eau de mer pendant des durées variant de 510 à 750 jours, sont particulièrement instructifs.

Les chiffres les plus saillants sont les suivants :

a) **Influence de la rouille** sur la **résistance** à la rupture des tôles minces :

Pour le fer corroyé la résistance décroît jusqu'au 100e jour, puis augmente de nouveau :

Pour le fer puddlé la résistance décroît jusqu'au 200e jour, puis augmente de nouveau :

Pour l'acier Thomas la résistance décroît d'une manière régulière jusqu'au 730e jour ;

Pour l'acier Martin (doux) la résistance décroît d'une manière régulière jusqu'au 730e jour.

b) **Perte en poids de tôles cuivrées** exposées à l'eau de mer pendant 700 jours :

Pour le fer corroyé	la perte en poids atteint				14 0/0 ;
—	— puddlé	—	—	—	21 0/0 ;
—	l'acier Thomas	—	—	—	23 0/0 ;
—	— Martin	—	—	—	17 0/0 ;

Dans les gaz de hauts fourneaux la perte en poids maxima est de 2 0/0 seulement ; dans les eaux d'une mine, après 720 jours, on a constaté une perte en poids variant de 7 à 11 0/0.

c) **Perte en poids de tôles zinguées** après 720 jours d'essai :

A l'air libre le fer corroyé perd 1 0/0, l'acier Thomas 3,5 0/0 ;

Dans l'eau de mer le fer corroyé perd 6 0/0, le fer puddlé et l'acier Martin perdent 8 0/0 ;

Dans le gaz de haut fourneau le fer puddlé perd 2 0/0, l'acier Thomas 3 0/0.

Dans les carnaux de fumée le fer puddlé perd 2 0/0, l'acier Martin 3,5 0/0 ;

Dans l'eau de mine le fer puddlé et l'acier Thomas perdent 1 0/0, le fer corroyé 4 0/0, les pertes en poids des autres tôles se trouvent comprises entre les chiffres indiqués.

d) **Perte en poids de tôles minces brutes** après 720 jours d'exposition :

A l'air (espace couvert) minimum pour l'acier Thomas 5 0/0, maximum pour le fer puddlé 7 0/0 ;

A l'air libre minimum pour l'acier Martin 16 0/0, maximum pour l'acier Thomas 26 0/0 ;

Dans l'eau de mer minimum pour le fer puddlé 17 0/0, maximum pour l'acier Martin 23 0/0 ;

Dans les gaz de hauts fourneaux minimum pour le fer puddlé 1 0/0, maximum pour l'acier Martin 2 0/0 ;

Dans l'eau de mine minimum pour l'acier Thomas 6 0/0, maximum pour fer corroyé et acier Martin 9 0/0.

e) **Résistance au pliage de tôles minces brutes** exposées aux mêmes agents que ci-dessus : cette résistance diminue partout régulièrement, mais très faiblement dans les cinq cas considérés.

C'est donc surtout l'influence de l'eau de mer qui se dégage de ces essais.

Non moins intéressantes sont les *tôles de chaudières* en fer corroyé et en acier Martin juxtaposées sur une même chaudière à vapeur (aux soudières d'Achersleben) pendant plusieurs années et qui paraissent démontrer que le fer puddlé corroyé n'a pas souffert, tandis que l'acier Martin a été fortement rongé par la rouille; par contre les rivets placés dans le fer puddlé sont rouillés, ceux placés dans l'acier Martin sont relativemeut bien conservés ; enfin les incrustations adhèrent beaucoup plus au fer puddlé, tandis qu'elles se trouvent à l'état lamelleux sur les tôles Martin ; certains phénomènes électrolytiques jouent probablement ici un rôle insoupçonné.

Si nous passons maintenant à l'étude des **petits profilés** nous remarquons que la plus belle collection est celle qu'expose le **Limburger Fabrik et Huttenverein**, de **Hohenlimburg** dans le palais de l'industrie; les fers à vitres, les aciers pour cuvettes et couteaux de bascules, ceux pour jantes de bicyclettes,

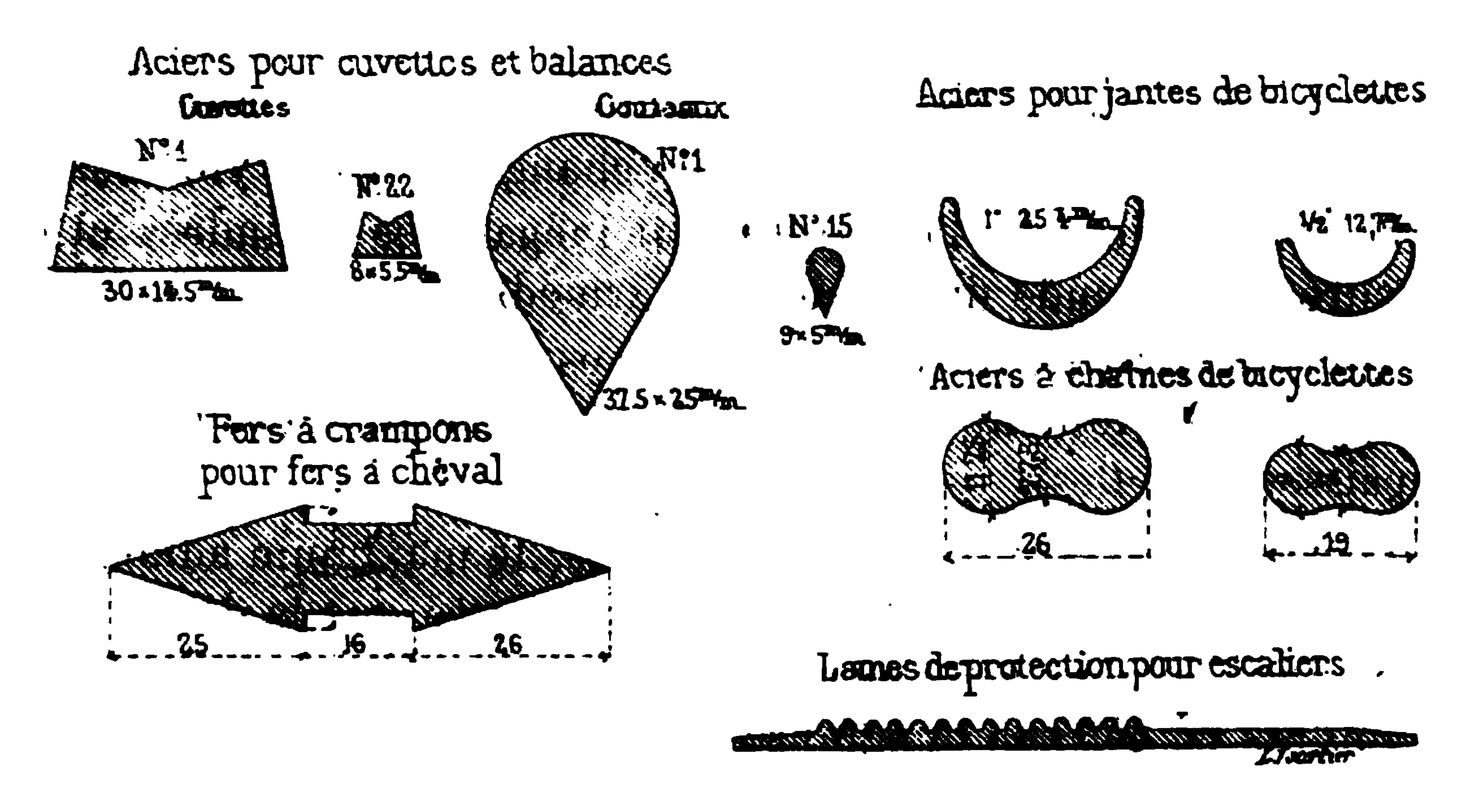


Fig. 30. — Profils de petits fers spéciaux de Hohentlimburg.

pour fers à crampons, etc., sont des modèles d'exactitude *(fig. 30)*. Les *feuillards* en acier spécial de 12 à 185 *mm* de largeur et épaisseur minima de 1,5 *mm* (correspondant à une largeur de 12 à 50 *mm*), ceux en fer fondu ordinaire de 10 à 290 *mm* avec épaisseurs de 1 *mm* et au-dessus, méritent aussi d'attirer l'attention; l'épaisseur maxima des feuillards fabriqués à ces usines est de 14 *mm*.

Pour l'exportation en Chine et aux colonies, les usines de Hohenlimburg fabriquent aussi des aciers puddlés, laminés et forgés, emballés en caisses spéciales, sous les désignations *Milanostahl* et *Bamboostahl*. Les aciers « Milano » sont trempés, soudables lisses, les aciers « Bamboo » sont à côtes devant représenter, sans doute les traces du forgeage (1).

Notons ici qu'il y a à Hohenlimburg *six trains*, *double-duo* du système Banning, dont l'emploi, surtout pour feuillards, nous paraît particulièrement indiqué.

Un train **double-duo Banning** *(Pl. 33, fig. 34 et 35)* avec cy–

(1) Nous avons eu personnellement l'occasion de voir fabriquer, en Hongrie, des aciers de ce genre de forme un peu différente, pour la Serbie et la Bulgarie; on en fabrique aussi dans l'Oural, pour l'exportation en Asie.

lindres de 350 *mm* est exposé dans la halle des machines, avec dynamo mais sans le volant indispensable en pratique (1).

Les avantages du train Banning par rapport au trio sont évidents et peuvent se résumer comme suit :

1° Réglage plus facile des cylindres aussi bien suivant l'axe que pour le serrage;

2° Nombre plus grand de cannelures dans une même cage, d'où moins de perte de temps pour changement de cylindres;

3° Suppression de l'échauffement inégal des cylindres et de l'usure plus grande du cylindre intermédiaire du trio;

4° Production élevée en même temps que profils plus exacts, ce qui est notamment important dans la fabrication des feuillards (épaisseurs égales).

Le train de 350 *mm* est, à notre avis, le maximum admissible pour ce système, l'expérience ayant démontré que le double-duo s'applique surtout avec avantage aux petites dimensions : pour cylindres de 350 *mm* le nombre de tours adopté est de 200 à 225 par minute, et on fabrique des plats et feuillards jusqu'à 160 *mm*, des ronds et des carrés jusqu'à 55 et 60 *mm*. A l'usine de Remscheid, il y a un train Banning de 210 *mm* faisant jusqu'à 310 tours par minute. A Kœnigshutte (Silésie) un train de 260 *mm* installé comme finisseur à la suite de dégrossisseurs de 450 et 360 *mm* produit en moyenne 64 000 *kg* par vingt-quatre heures (deux postes); avec profils favorables, cette production atteint 1 750 *t* par mois; les profils fabriqués sur le train de Kœnigshutte sont des fers ronds de 12,5 à 33 *mm*, des carrés de 15 à 32 *mm*, des plats de 20 à 56 *mm* pour 6,5 à 25 *mm* d'épaisseur, des plats de 60, 65, 75 et 80 *mm* pour 6,5 à 13 *mm* d'épaisseur, des feuillards pour tuyaux de 52 × 2,1 *mm* et 74 × 3,1 *mm* enfin des rails de mine de 52 à 66 *mm* de hauteur (6 à 7 *kg* le mètre courant); tous ces profils sont laminés à 40 *m* le poids maximum de la billette comportant 200 *kg* en fer fondu et 180 *kg* en fer puddlé. La force de la machine motrice correspondante est de 500 à 600 *ch* avec 60-80 tours, le train lui-même faisant de 200 à 250 tours.

Les trains Banning comportent de petites *cisailles* à couper les bouts aux préparateurs, puis aux finisseurs des *râcloirs* actionnés à la vapeur et destinés à l'enlèvement des battitures et dont

(1) Le train Banning appliqué jusqu'à présent en France, dans une usine, figurait déjà par une cage à l'exposition de 1900. Voir « Iahrbuch de Leoben » 1902.

l'utilité est évidente surtout pour feuillards en acier destinés à être laminés plus tard à froid.

La maison **Sœding et Halbach**, de **Hagen** fabrique des produits analogues à ceux de Hohenlimburg, mais avec profils plus uniformes appliqués surtout à la fabrication des pièces de bascule et aux limes; notons par la même occasion les profilés de **F. Stromberg** d'**Altena**, qui expose aussi un arbre exactement calibré et laminé à froid de 8 *m* de longueur et de 85 *mm* de diamètre.

Les usines **Peter Harkort et fils** de **Wetter**, ont aussi une jolie exposition de fers à vitres et autres profilés, des aciers « Milano » destinés à Bombay, Shanghaï, Hongkong, etc., identiques à ceux de Hohenlimburg et des aciers « Bamboo ». Nous remarquons aussi des cassures de *barres mixtes* en fer doux entouré d'acier et obtenues avec lingots coulés sur barres de fer placées

Fer
Acier
doux
Fer

Fig. 31. — Cassures de barres mixtes (P. Harkort et Phœnix).

dans les lingotières *(fig. 31)*; on retrouve des échantillons analogues dans l'exposition des usines **Phœnix** de **Ruhrort**; on emploie aussi du fer fondu enveloppé d'acier dur; les échantillons des usines Phœnix paraissent dénoter une réaction (décarburation et cémentation réciproques) entre les deux éléments, les parties ferreuses mates étant entourées d'une auréole de teinte décroissante jusqu'à la partie en acier brillante, et paraissant produite pendant le chauffage. Ce mélange de matières de duretés inégales a été appliqué par la maison Harkort à la fabrication de *tôles de protection* dites « Compound » pour petites coupoles, affûts, etc.; ces tôles composées de deux couches de fer doux et deux couches d'acier dur, d'épaisseur totale de 35 *mm* ont été essayées au tir à balles à 100 et 250 *m*. Le métal mixte trouve son emploi dans les constructions, fenêtres de prisons et de maisons de banque, versoirs de charrue, coffres-forts, etc. La

soudabilité de *l'acier puddlé* est démontrée encore par une botte de fils d'acier composée de deux cent soixante-seize barres soudées à une extrémité; on sait que c'est cette propriété de soudabilité qui, jointe à celle de la trempe, a permis de maintenir jusqu'à ce jour l'emploi de l'acier puddlé pour certains usages, et ce malgré son prix de revient beaucoup plus élevé que celui de l'acier Martin; ce dernier peut être fabriqué, il est vrai, dans certaines duretés permettant simultanément la trempe et le soudage, mais la soudure demande toujours un certain soin inutile en cas de métal puddlé (socs de charrues, bêches, etc.).

Le **fer puddlé** paraît n'avoir pas perdu encore complètement ses droits, malgré l'extension des fers fondus Thomas et Martin et certaines usines continuent surtout cette fabrication pour produits spéciaux tels que *chaînes*, *rivets*, *boulons*, *écrous* et *essieux* de voitures, etc. Nous signalerons les vitrines de la **Société Prinz Leopold**, de **Empel**, avec essais de pliage de très beau fer à nerf, de **Dörrenberg fils** à **Runderoth** avec barres de fer corroyé en trois chaudes et analogues aux antiques produits au bas-foyer (la même maison expose des aciers pour outils, des marteaux et des creusets en graphite), enfin de **Schleifenbaum frères et Cie** à **Weidenau** et des **Sieghütter Eisenwerke** à **Siegen**, qui fabriquent uniquement du fer puddlé pour essieux de voiture, fers à cheval, chaînes, etc.; il en est de même des usines de **Meggen**, qui exposent du fer puddlé de qualité, des fils de fer, tôles et fers à cheval, et de **von der Becke et Cie** à **Dortmund**, qui fabriquent mécaniquement des fers à cheval et des crampons de chemins de fer.

Nous avons vu que nombre de grandes usines avaient maintenu aussi partiellement leurs fours à puddler (Gutehoffnungshütte, etc.) et nous mentionnerons encore la **Eisenindustrie zu Menden et Schwerte**, à **Schwerte** qui, à côté de fontes diverses, de spiegels à 10-12, et 19-21 0/0, de lingots plats et carrés de 65 à 800 *kg*, expose de beaux essais de qualité de fer soudé et de fer fondu, des feuillards, du fil machine, du fil de fer, d'acier et de cuivre, ainsi que de nombreux petits profilés.

Les **petites industries** consommant du fer puddlé pour la fabrication de **rivets** sont aussi largement représentées à l'exposition et on constate une sorte de spécialisation poussée à l'extrême.

Parmi les fabricants de rivets nous citerons en passant :

a) **Flender et Haardt** (Siegener Nietenfabrik) de **Siegen** (rivets en fer puddlé);

b) **Flender et Weber,** de **Geisweid** (ils emploient de préférence du fer fondu); à citer les essais comparatifs indiquant pour fer puddlé corroyé : charge de rupture, 39,9 *kg*; allongement 27 0/0; fer fondu Martin, charge *avant* rupture 40 *kg*; allongement 27,5 0/0);

c) **Fritz Wrede** (Tiefenbacher Werke), à **Weidenau** : fabrique de rivets mécaniques employant uniquement du fer puddlé de Siegen;

d) **Nöh et Busch** à **Weidenau,** travaillant dans les mêmes conditions.

Comme se rattachant plus ou moins directement à ces branches de fabrication spéciales, nous mentionnerons encore les principaux exposants de **produits de taillanderie,** réunis dans le palais de l'industrie; le nombre des concurrents nous permet de constater le développement pris en Westphalie par ces industries de plus en plus spécialisées, ce sont notamment les suivantes :

Sœding et Halbach, de **Hagen,** avec leurs aciers pour outils bien connus, des collections d'enclumes et de trépans, lames de scie, aciers pour coutellerie, etc.;

Eckhardt Sondermann et Cie, de **Herdecke** : pelles, bêches, versoirs laminés à épaisseurs inégales;

J.-A. Henkels (marque jumeaux), de **Solingen** : belle exposition de coutellerie et modèle d'atelier de meulage et polissage avec tous ses accessoires (ce dernier modèle est installé au pavillon n° 102 du plan);

H. Dahlmann, de **Gevelsberg** : pelles, bêches, pioches, haches, scies, etc.;

Fourcherie de Hagen : belle collection de fourches américaines de types variés;

Lohmann et Sœding, de **Witten** : pelles, pioches, haches, socs;

Kremer frères, de **Cronenberg** et **Walter Rauhaus** de **Cronenberg** : marteaux, pioches, haches, etc.

L'exposition **collective** des **Usines de Remscheid** comprend une autre série de fabricants spécialistes, analogues aux précédents, savoir :

Alexanderwerk (von der Nahmer) produits de fonderie d'acier, fer, outils divers;

Gottlieb Altena Eduard's Sohn : lames de scies circulaires de 2 *m* de diamètre;

Eduard Altena : scies, coutellerie, outils divers;

J.-W. Arntz : limes et scies;

Bergische Stahlindustrie : aciers pour outils de marque connue;

Gottlieb Korts : limes;

C.-W. Haas : scies, couteaux pour machines agricoles, outils divers;

A. Ibach et Cie et **Max Ibach** : outils;

A. Krumm et J. Krumm : outils et lames de scies;

Krumm et Cie : limes et lames de scies.

L'exposition collective des **industrie de Solingen** est, de même, très importante et présente surtout des armes blanches et de la coutellerie.

Parmi les produits finis spéciaux, susceptibles d'être fabriqués en fer et en acier, il nous reste à mentionner pour terminer, ceux en **fil de fer et d'acier** : la plus belle exposition de cette catégorie est celle de la maison **Felten et Guilleaume**, de **Muhlheim-sur-Rhin**, avec ses fils de fer de tous genres et de toutes dimensions, ses câbles, etc.; puis, vient en second lieu, la maison **Bœcker et Cie**, qui expose de même des fils, des câbles, et des clous divers, enfin, les usines à **câbles de l'Allemagne du Nord**, etc., etc.

MACHINES POUR TRAVAIL A FROID DES MÉTAUX

Les machines-outils ne rentrent que partiellement dans le cadre d'une étude de métallurgie, mais l'exposition de Dusseldorf contient quelques appareils que nous ne pouvons passer sous silence, soit qu'ils présentent de l'intérêt au point de vue de leur application immédiate dans les usines, soit qu'ils aient servi à fabriquer quelques-unes des pièces remarquables mentionnées dans notre exposé.

Nous remarquons comme particulièrement intéressante une **cisaille électro-hydraulique**, des ateliers **Breuer-Schuma-**

cher, qui fonctionne à côté de la grande presse de 10 000 *t*, et coupe avec la plus grande facilité des poutrelles de 400 *mm*; cette cisaille est actionnée par une dynamo à courant continu de 15 *ch* à 440 volts. La poutrelle, placée dans un support profilé, est serrée entre deux mâchoires; le couteau, très exactement guidé, a une forme spéciale permettant une action successive passant du poinçonnage au cisaillage (*fig. 32*). La petite pompe de compression comporte deux cylindres travaillant d'abord ensemble pour la descente de l'outil; dès que la résistance est suffisante, l'un des pistons se déclanche automatiquement et le second travaille seul pour le cisaillage.

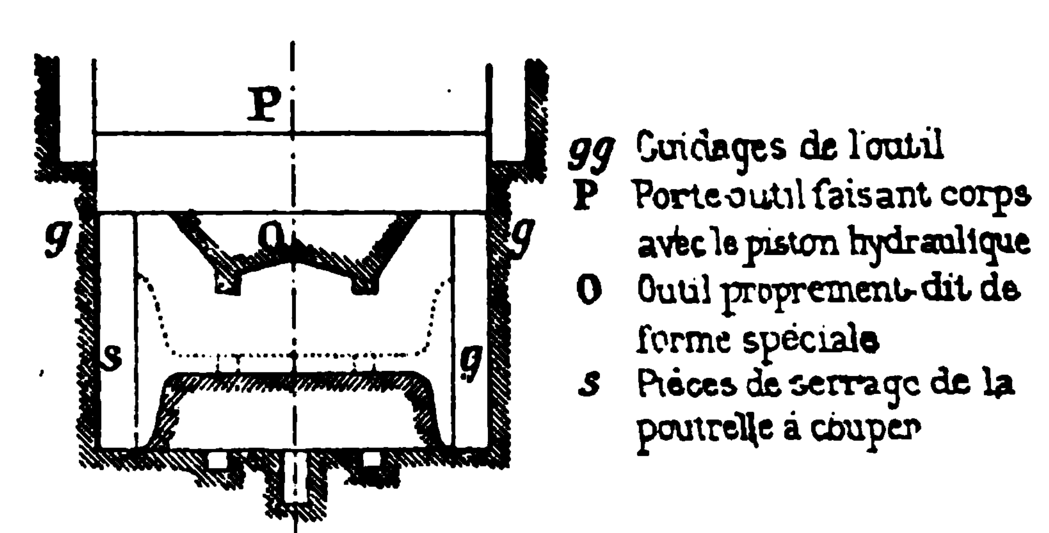


FIG 32. — Disposition de l'outil de la cisaille Breuer-Schumacher.

Le recoupage des pièces métalliques à froid est entré depuis longtemps dans la pratique courante des usines et s'applique non seulement aux barres laminées (poutrelles, rails, etc.), mais surtout aux masselottes des moulages en acier; aussi retrouvons-nous, dans le pavillon Ehrhardt (n° 42 du plan), une collection de **scies à froid**, dont M. Ehrhardt a, croyons-nous, réalisé le premier l'application pratique il y a plus de vingt ans; nous signalerons spécialement l'emploi de *dentures rapportées*, permettant d'avoir toujours une scie de même diamètre et de ne jamais remplacer que la denture, d'où économie de matériel et de temps; un disque de 500 *mm* de diamètre, par exemple, porte une denture de 25 *mm*, ce qui donne un diamètre total de 550 *mm*. Dans toutes les machines Ehrhardt, la lame de scie peut être dirigée dans un sens quelconque, ce qui en rend l'application pour ainsi dire universelle.

Si nous passons en revue les principaux constructeurs de machines-outils participant à l'exposition, nous trouvons les suivants, qui ont attiré le plus notre attention :

Ernst Schiess, de Dusseldorf-**Oberbilk**, expose la plus grande *machine à raboter* de l'exposition pour pièces de 10 *m* $\times$ 4 *m* $\times$ 4 *m*; la table, de 3,30 *m* de largeur, est actionnée par deux vis; il y a deux chariots porte-outils, moteur de 50 *ch*,

vitesse de travail 30 et 70 *mm*, vitesse de retour, 150 *mm* par seconde ; cette machine pèse 155 000 *kg*.

A côté de cette raboteuse se trouve un *tour en l'air* à plateau horizontal pour pièces de 9,50 *m* de diamètre et 2,50 *m* de hauteur, commandé par un électro-moteur de 25 *ch* à 440 volts, vitesses du plateau variables entre 0,09 et 4 tours par minute, poids de la machine, 150 000 *kg;* signalons encore, dans cette même exposition, une *machine triple à aléser et à fraiser* horizontale et verticale pour pièces de 14 500 × 4 000 × 2 500 *mm*, actionnée par un moteur à pétrole Diesel, de 35 *ch*, et pesant 165 000 *kg*.

Wagner et Cie, de **Dortmund**, nous montrent, de même, d'énormes machines, savoir :

a) Un *grand tour double* à 4 supports, hauteur de pointes, 1 *m*, portée, 10 *m*, longueur du banc, 15,100 *m* et pouvant tourner les arbres pesant jusqu'à 25 *t* avec « aciers rapides » ; force nécessaire, 25 *ch ;* poids de la machine-outil, 86 000 *kg ;*

b) Un *tour à cylindres* de 700 *mm* de hauteur de pointes, portée 5 *m* ; poids de l'outil, 24 000 *kg ;*

c) Poinçonneuse double à excentrique, course 130 *mm*, 12 coups par minute, évidement, 380 *mm ;* force nécessaire, 40 à 45 *ch ;* poids sans moteur, 51 000 *kg ;*

d) Cisaille à tôles pour tôles de 7 *mm*, couteaux de 2050 *mm*, 18 coups par minute, 10 *ch ;* poids de la machine, 12 000 *kg ;*

e) Machine à *dresser les cornières*, munie de son électro-moteur et pouvant dresser des cornières jusqu'à 90 *mm* avec une vitesse de 45 *m* par minute ; les galets sont en acier moulé ; force nécessaire, 15 *ch ;* poids de la machine sans moteur, 4900 *kg ;*

f) Machine à *ébarber les cornières* jusqu'à 180 *mm*, poids, 5 000 *kg;* cet outil doit ne pas être nécessaire lorsque les cannelures sont bien tracées ;

g) Diverses machines à *percer et à fraiser* les rails et les poutrelles, des cisailles, etc.

Les ateliers **Breuer et Schumacher** exposent aussi, à côté de la cisaille hydraulique ci-dessus, une *poinçonneuse* de 1500 *mm* de course, actionnée par moteur électrique et à transmission de mouvement par vis, un *tour pour arbres coudés* (hauteur de pointes, 600 *mm ;* portée, 9,50 *m*) avec son électro-moteur, une *riveuse fixe* de 3,660 *m* d'évidement et pression de rivetage 50, 100 et

150 *t*; enfin une *riveuse transportable* de 2500 *mm* d'évidement et pression de 30, 60 et 90 *t*.

Les ateliers **Deutschland**, de **Dortmund**, ont installé un *grand tour* pour tourner à 6,250 *m* de diamètre et 7,750 de longueur, une *poinçonneuse* à vis de 1200 *mm* de course avec électromoteur, une *raboteuse* à retour rapide de 800 *mm* de course avec son moteur électrique, un *tour à roues montées* avec supports à guidage automatique, etc.

La fabrique **Sack**, de **Dusseldorf-Rath**, nous montre une grande poinçonneuse double, une machine à dresser les tôles et une autre pour cornières, etc.

La maison **Habersang et Zinsen**, de **Dusseldorf-Oberbilk**, qui figurait à Paris en 1900, construit, de même, de grosses machines-outils ; elle expose à Dusseldorf :

a) Une *grande raboteuse* à quatre outils pour pièces de 7 600 × 4 050 × 3350 *mm* et pesant 50 *t*; il y a deux vitesses de rabotage : 80 *mm* pour la fonte et 50 *mm* pour l'acier ; la vitesse de retour est de 190 *mm* par seconde ; poids de la machine complète, 100 000 *kg*;

b) Une *machine à percer multiple à 12 forets*, pour brides de 240 à 625 *mm*, et pouvant forer des trous de 30 *mm*; l'avancement est obtenu mécaniquement et comporte par tour de foret : 0,162, 0,116 et 0,08 *mm*; le nombre de tours des forets peut varier à volonté, entre 50 et 120 par minute ;

c) Une *machine à percer à 4 forets*, de type analogue à la précédente, pour cercles de 70 à 210 *mm* et trous de 22 *mm*; nombre de tours des forets : 90 à 125 par minute ; avancement, 0,24 à 0,362 *mm* par tour.

Les ateliers de **Fries et Cie**, de **Dusseldorf**, construisent aussi des machines-outils de grandes dimensions (tours, raboteuses), nous signalerons comme les plus intéressantes de cette exposition celles qui travaillent à l'*air comprimé*, notamment une *riveuse*, une *machine à découper* les tôles et comprenant en même temps une perceuse à air comprimé, des *marteaux-riveurs* (bouterolles automatiques), etc.

Otto Froriep, de **Rheydt**, expose un *tour à cylindres*, une *machine à fraiser* les rebords de fonds de chaudières de toutes formes et pesant jusqu'à 10 *t* (vitesse d'avancement, 2,50 *m* par heure ; épaisseur de copeaux, 30 *mm*), enfin une *machine à percer et à fraiser* horizontale et une *cisaille*.

Carl Klingelhoeffer, de **Grevenbroich** : un *tour parallèle* de 400 *mm* de hauteur de pointes, une *raboteuse* de 850 *mm* de course avec moteur électrique, une *machine à percer* actionnée, de même, par l'électricité, destinée à percer les corps de chaudières de 1 800 à 2 500 *mm* de diamètre, une *perceuse multiple* à 6 forets pour trous de 30 *mm*, etc.

Ateliers Brune, de **Cologne-Ehrenfeld** : raboteuses et limeuses de construction spéciale, machine à forer de 1 *m* de hauteur de pointes.

Wilh. Scharmann, de **Rheydt** : fraiseuses, une raboteuse de 600 × 1 500 *mm* et une autre de 2 000 × 750 × 750 *mm*, machines à percer universelles, tour de 240 × 2 000 *mm*.

Falk et Bloem, de **Dusseldorf** : machines-outils de moyenne grandeur pour tous usages et de précision (fraiseuses, raboteuses, perceuses, tours, presses à vis, etc.).

Curd Nube, d'**Offenbach-sur-Mein** : machines à fraiser spéciales et modèle d'un frein automatique pour volants de laminoirs et autres.

Wilh. Koellmann, de **Barmen** : tours, machines à fraiser.

Fischer & C°, de **Dusseldorf-Oberbilk** : grand et petit modèle de machine combinée pour percer et cisailler les tôles et les cornières.

Droop et Rein, de **Bielefeld** : machines à percer et à fraiser horizontales et verticales, raboteuses.

Gildemeister et Cie, de **Bielefeld** : un tour à arbres coudés fonctionnant avec les aciers dits « rapides » de la Bergische Stahlindustrie ; une machine à percer murale avec moteur électrique.

Parmi les machines-outils destinées à des fabrications spéciales, nous signalerons :

Les *presses à tôle* **Moenkemoeller**, de **Bonn**, destinées à fabriquer les poteries en tôle emboutie, exposées au palais des machines, à côté des produits correspondants.

Les *machines à boulons et écrous* exposées par les maisons **Hau frères**, de **Bürgel-Offenbach-sur-Mein**, d'une part, et **Peltzer et Ehlers**, de **Krefeld**, d'autre part.

Enfin, les machines variées pour le traitement des fils de fer sous toutes les formes, de la maison bien connue **Malmedie**

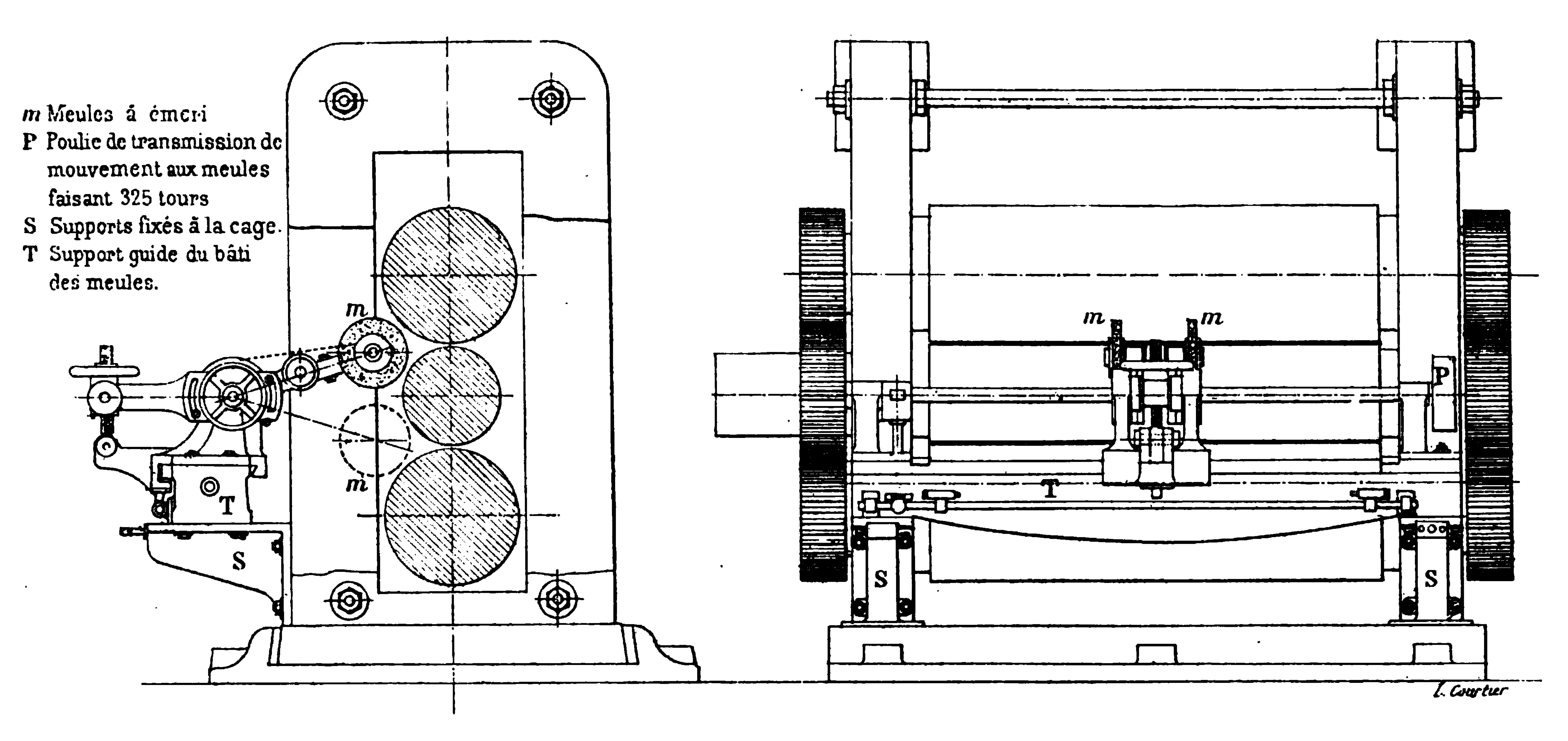


Fig. 33. — Polissage sur place de cylindres d'un trio Lauth par meules à émeri actionnées par transmission (Disposition de la Société Naxos-Union).

et Cie, de **Dusseldorf-Oberbilk**, et comprenant des machines à fabriquer les *clous*, boulons, écrous, des chaînes, des machines à dresser les fils, etc.; dans cette collection, on remarque, notamment, une *machine à clous*, de **Wickstroem et Bayer**, permettant de fabriquer 260 clous de 100 × 4,2 *mm* par minute et supprimant complètement les déchets.

Nous terminerons l'énumération des machines-outils, par la revue sommaire des **meules en émeri**, dont les collections variées indiquent une concurrence des plus caractérisées entre les divers fabricants :

Les exposants principaux de cette industrie, qui paraît surtout concentrée aux environs de Francfort, sont les suivants :

a) **Naxos-Union, J. Pfungst**, de **Francfort** : Cette maison bien connue pour ses produits en émeri, a une exposition très complète et nous montre notamment des meules à *bande protectrice* en *tôle lisse* ou légèrement ondulée et mobile ; l'une des meules exposées au pavillon de l'hygiène (n° 102 du plan), soumise à un essai de rupture à une vitesse à la circonférence de 51 *m* par seconde, est destinée à démontrer l'efficacité des bandes de protection. Pour absorber les poussières produites, aspirées au moyen d'un petit ventilateur placé sur la meule même par des orifices du support d'avant, la Naxos-Union dispose une petite pompe faisant circuler de l'eau dans le bâti creux ; cette eau entraîne les poussières.

Rappelons à cette occasion l'application pratique de meules en émeri au polissage et au réglage des cylindres de laminoirs, notamment pour les tôleries : ces meules s'installent sur des supports spéciaux et sont actionnées soit par courroies, ou mieux encore par un petit moteur électrique. Nous donnons ci-joint (*fig. 33*) une disposition appliquée à un trio Lauth, avec poulie motrice faisant 325 tours, et une autre disposition avec moteur électrique, appliquée à un duo (*fig. 34*) ; il suffit de ménager à l'avant des cages de laminoirs des portées convenables, pour application des supports de l'appareil de meulage, comme l'indiquent les croquis.

b) **Meyer et Schmidt, d'Offenbach-sur-Mein** : cette maison est l'une des plus anciennes qui se soit spécialisée dans la construction des meules en émeri ; elle emploie aussi des *bandes protectrices*, mais la tôle est *ondulée* ; autrefois, on les construisait en fonte ; cette enveloppe ondulée a un mouvement de rotation par

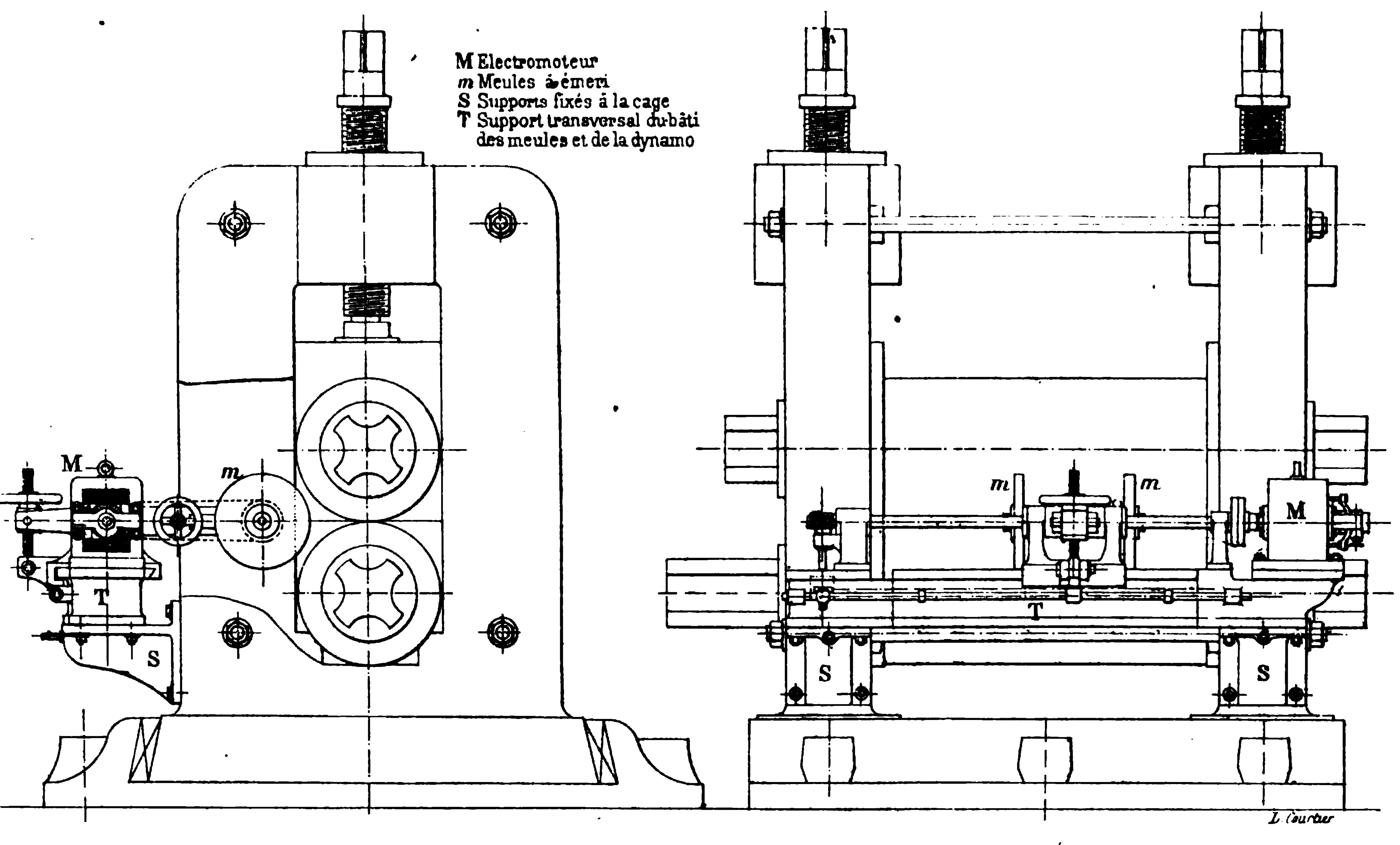


Fig. 34. — Polissage sur place de cylindres d'un train duo à tôles, par meules à émeri actionnées par dynamo (Disposition de la Société Naxos-Union).

déclanchement en cas d'accident et en même temps elle se détend ce qui donne une certaine élasticité.

Ces appareils de protection s'appliquent à des meules jusqu'à 1 *m* de diamètre et 0,10 *m* de largeur. Pour les poussières la Maison Mayer et Schmidt dispose simplement une colonne filtrante de coke, renouvelable de temps à autre, dans le bâti de la meule; il y a de même un petit ventilateur aspirant les poussières par le support d'avant.

c) **Société des Émeris de Bockenheim**, près Francfort: cette Société emploie des bandes en *tresses de fil de fer*, disposées d'une façon analogue aux bandes précédentes; ces bandes protectrices sont un peu plus élastiques que les lames métalliques; elles se règlent aussi suivant les dimensions de la meule placée sur le bâti. Nous devons faire ressortir ici la *porosité* des meules en émeri de ces fabricants; ces meules sont soumises à une cuisson à température très élevée (environ 2 000°).

d) Les ateliers **Fontaine et Cie**, de **Bockenheim**, appliquent de leur côté des enveloppes protectrices en *tresses de fil de fer*, mais *ondulées*, de façon à en augmenter l'élasticité et l'extensibi-

S Support d'avant d'une pièce à meuler F Disposition de la bande à l'état normal
F Bande protectrice en tissu métallique F' Disposition de la bande après un accident

Fig. 35. — Meule Fontaine et Cie à bande protectrice élastique, en tissu métallique.

lité *(fig. 35)*; des résultats obtenus avec meule de 500 *mm* à 1 450 tours, répondant à une vitesse à la circonférence de 37,50 *m* par seconde sont très satisfaisants; cependant la Maison Fontaine applique aussi des disques de serrage de grand diamètre *(fig. 36)*, enserrant la meule par interposition de rondelles en carton; on évite ainsi les bandes pouvant gêner dans certains cas; un

essai fait avec meule de 500 *mm*, comportant une épaisseur de 73 *mm* au centre et de 57 *mm* à la circonférence et pesant 33,5 *kg*, a été de même concluant, en ce sens qu'à une vitesse de 720 tours (1 130,4 *m* par minute à la circonférence), portée à 1 200 tours (1 884 *m* à la circonférence), puis à 1 650 tours (2 590 *m* à la circonférence), les morceaux de la meule, préalablement fêlée, n'ont pas été projetés.

h

h Meule en emeri biconique
bb Arbre avec écrou S
dd Disques de serrage
cc Rondelles de carton interposées

Fig. 36. — Meule Fontaine biconique à disques de serrage.

e) La Maison **Fr. Schmaltz**, d'**Offenbach-sur-Mein**, ne doit pas être oubliée dans cette nomenclature déjà trop longue ; nous la citerons pour la qualité de ses meules très dures et de faible usure, et pour ses machines spéciales à aiguiser les scies.

Quoi qu'il en soit, il ressort de ces expositions de fabricants de meules, que l'emploi des moteurs électriques parait se généraliser là comme partout ailleurs, notamment pour l'attaque directe par le moteur de l'arbre des meules ; il y est tenu compte aussi de la sécurité de l'ouvrier au point de vue des explosions de meules et de l'absorption aussi complète que possible des poussières.

MOYENS DE TRANSPORT POUR LES USINES

Nous terminerons cette étude de l'Exposition de Dusseldorf, par un court aperçu des moyens de transports appliqués à la métallurgie, tels que nous les rencontrons à Dusseldorf.

C'est surtout en Amérique que l'on a développé les manutentions mécaniques, en vue des productions énormes concentrées en un seul point, et eu égard au prix relativement plus élevé de la main-d'œuvre ; les grandes usines allemandes sont entrées résolument dans cette voie, et nous étudierons plus tard, à pro-

pos de la sidérurgie westphalienne, quelques-unes des installations les plus intéressantes réalisées dans cet ordre d'idées.

Les méthodes de manutention rapide s'appliquent aujourd'hui non seulement aux matières premières, telles que minerais et cokes, mais aussi aux produits finis et aux demi-produits ; c'est ainsi que nous trouvons à l'Exposition, des photographies et dessins de transporteurs mécaniques pour blooms et billettes et de ponts électriques pour charger les fers laminés dans les wagons ou pour les mettre sur parc ; nous ne nous y arrêterons pas pour le moment, tout en observant que des appareils de ce genre ne se justifient que par une forte production et un plein travail des ateliers (laminoirs, etc.), qu'ils sont appelés à desservir, et ce, de façon à pouvoir amortir, dans un délai déterminé, les dépenses élevées que nécessite leur installation.

Pour les manipulations de minerais et de cokes on emploie aujourd'hui les **chemins aériens sur cables**, dans les conditions les plus diverses, et nous signalerons les deux expositions les plus importantes dans cet ordre d'idées :

La Maison **Bleichert**, de **Leipzig**, représentée en Westphalie par M. Macco de Siegen, expose dans le palais de l'Industrie, un wagonnet porteur tout chargé, avec nouvel appareil d'accouplement automatique, permettant de remonter facilement des pentes de 45°, puis un petit modèle de porteur aérien en fonctionnement, démontrant la possibilité de supprimer, sans inconvénients, les stations intermédiaires dans les courbes : les câbles passent à cet effet sur de grandes poulies à gorge presque horizontales, et l'appareil d'accouplement qui n'agit que par l'effet d'un rail d'aiguillage, ne gêne en rien le passage du wagonnet le long de ces poulies.

La maison **Pohlig**, de **Cologne**, a installé, de son côté, une voie aérienne, en grandeur naturelle, de 180 *m* de longueur en fonctionnement (n° 149 du plan) ; c'est cette maison qui construit en Allemagne les appareils **Hunt** pour déchargement de navires à charbon et à minerai, et elle expose, dans son pavillon, de nombreux dessins et photographies d'installations exécutées par elle, notamment celles de Duisburg-Hochfeld (pour les hauts fourneaux de la Niederrheinische-Hütte) et de Vulkan, près Duisburg, pour la Société de Schalke. Les applications de ces appareils sous des formes variées aux manutentions de minerai, houilles et cokes dans les usines et au chargement des hauts

fourneaux, sont aujourd'hui nombreuses et illustrées par des photographies aussi bien dans l'exposition Bleichert que dans celle de la maison Pohlig.

La maison **Arthur Koppel**, de **Berlin-Bochum**, expose entre autres, dans son pavillon (n° 150 *a* du plan), des wagonnets divers, un plan incliné automoteur et des modèles du transporteur **Temperley**, qui s'applique, comme les appareils Hunt, aux manutentions de minerais, houilles, etc.

Nous ne pouvons enfin passer sous silence les **wagons Gust. Talbot, d'Aix-la-Chapelle**, dont l'application dans les usines, aussi bien pour petites que pour grandes voies, nous paraît être toute indiquée ; ces wagons ne nécessitent, en effet, aucun basculement de la caisse, et le déchargement se fait à volonté, à droite, à gauche ou entre les voies, ainsi que l'indiquent les croquis *(fig. 37)*. Nous reproduirons ici un calcul d'économie établi par le constructeur pour wagons de 30 *t* et qui nous paraît digne d'attention.

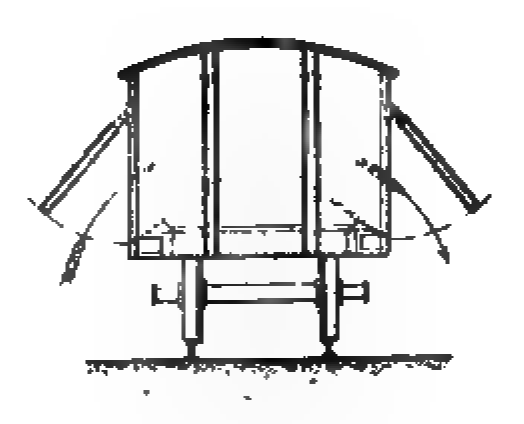
Supposant que l'on ait à amener de la mine à l'usine 60 chargements de minerai de 15 tonnes chacun, on trouve tout d'abord qu'il faudra moins de wagons Talbot que de wagons ordinaires et que la dépense de premier établissement s'élève :

Pour 60 wagons ordinaires de 15 *t* valant 2 300 marks, à . . . . Marks.	138 000
Pour 20 wagons Talbot de 30 *t* valant 4 700 marks, à	94 000
D'où économie de ce chef en faveur du nouveau système . . . . Marks.	44 000

Considérant, d'autre part, la main-d'œuvre de manutention, on trouve que la dépense pour un déchargement par jour de wagon ordinaire à 1 mark 25 répond pour une année à (60 × 300 × 1 25) soit . . . . Marks. 22 500

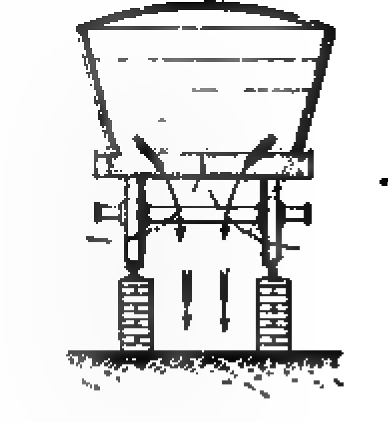
Avec wagon Talbot, à raison de un déchargement et demi en moyenne par jour et comptant, d'après l'expérience, 0 mark 10 par wagon, soit 0,15 par jour et par wagon, cette dépense ne serait que de (20 × 300 × 0,15) soit . . . . Marks.	900
D'où économie annuelle de manutention de. Marks.	21 600

FIG. 37. — Wagons usités actuellement pour déchargement automatique.



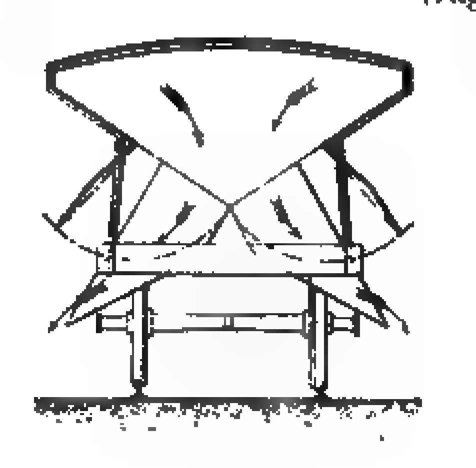
Wagon à dos d'âne ne pouvant décharger que simultanément sur les deux faces.

Wagon basculeur déchargeant soit à droite soit à gauche nécessite un mécanisme lourd.

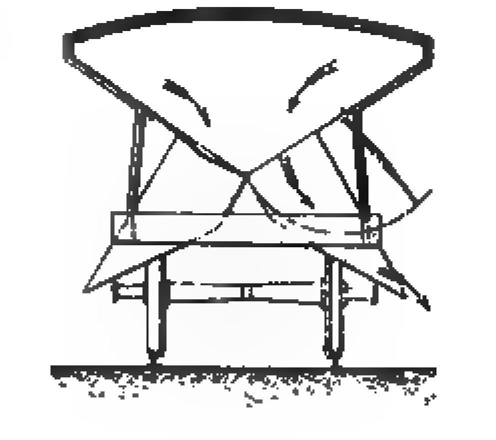


Wagon à entonnoir ne déchargeant que dans l'entrevoie.

Wagons Talbot réunissant tous les avantages ci-dessus.



Déchargement complet simultané sur les deux faces.



Déchargement complet sur l'une des faces à volonté,



Déchargement dans l'entrevoie.

Ce calcul peut s'établir dans chaque cas particulier, et nous pensons qu'il est intéressant aussi d'envisager les wagonnets Talbot pour les chargements de hauts fourneaux utilisant des monte-charges et des wagonnets à caisse basculante.

Nous avons ainsi passé en revue, aussi succinctement que possible, les objets les plus intéressants que présente, au point de vue de la métallurgie du fer et de l'acier, cette Exposition de Dusseldorf, qui, venant compléter sur certains points l'Exposition de Paris en 1900, marquera, comme un jalon instructif, l'état de ces industries au commencement du XXe siècle ; certaines questions n'ont pu être développées autant qu'il eût été nécessaire pour ne pas augmenter outre mesure cette étude déjà trop longue ; pour d'autres, nous avons dû nous contenter d'une simple nomenclature. Nous pensons toutefois que cet exposé, tel qu'il est, pourra être utile à nombre de nos collègues qui iront encore visiter l'Exposition avant sa fermeture, fixée au 20 octobre prochain, et qu'il pourra même, plus tard, être consulté à titre de répertoire pour certaines fabrications et certains constructeurs et fournisseurs de matériel spécial.

Une chose surtout paraît se dégager de la manifestation de l'industrie sidérurgique allemande concentrée dans l'admirable cadre de l'Exposition de Dusseldorf, c'est la tendance poursuivie sans relâche par les établissements de l'Allemagne de l'Ouest à se rapprocher et à égaler même, dans certains cas, les grandes entreprises, les grandes installations américaines ; nous ne voulons pas discuter ici l'opportunité économique de cette tendance, mais nous devons constater que si l'industrie allemande a lutté longtemps contre l'industrie anglaise, qui, autrefois, occupait le premier rang en Europe, elle paraît y avoir réussi, et l'estampille *Made in Germany* exigée par les industriels anglais pour les produits importés par l'Allemagne en Grande-Bretagne et aux colonies est loin d'être aujourd'hui une cause de refus de la marchandise.

Beaucoup d'usines allemandes n'ont reculé devant aucun sacrifice pour arriver à ce but ; les procédés les plus nouveaux, à peine susceptibles d'être appliqués, ont été saisis au vol et développés au risque même de sérieux mécomptes ; les moteurs

à gaz de hauts fourneaux ont été installés en Allemagne et dans le Luxembourg presque sans hésitation, les dimensions des hauts fourneaux ont été portées aux limites pratiques maxima; les presses à forger, les machines-outils énormes, les gros trains de laminoirs se sont multipliés en même temps que l'acier au nickel devenait un métal d'emploi courant.

Ce sont là les considérations principales qui paraissent s'imposer en présence de l'Exposition de Dusseldorf; nous serions heureux si cet aperçu pouvait être, le cas échéant, de quelque utilité à notre industrie française, en écartant, bien entendu, tout excès de l'esprit d'entreprise, excès qui a, dans certains cas, en Allemagne comme ailleurs, causé de graves mécomptes lorsqu'il n'était pas appliqué d'une manière suffisamment judicieuse et conforme aux conditions locales et à une économie bien comprise.

CHRONIQUE

N° 271.

Sommaire. — Les élévateurs à grains aux États-Unis. — Installation de transport aérien. — Le docteur Lardner et la navigation transatlantique. — Quantité de chaleur contenue dans la vapeur surchauffée. — Épuration du sewage à Manchester. — Le pétrole russe en Sibérie.

Les élévateurs à grains aux États-Unis. — Au cours d'un article sur le transport des grains par eau aux Etats-Unis (voir Chronique d'août 1900, page 264), nous avons été amené à dire un mot des élévateurs à grains qui jouent un rôle capital dans le commerce des céréales. Nous croyons utile de revenir plus complètement sur cette question, en reproduisant ici une note de M. D. A. Willey, parue dans l'*Engineering Magazine*,

Le commerce des grains a subi, depuis dix ans, de profondes modifications à cause des changements qui se sont produits dans les méthodes de transport et d'emmagasinage de ces denrées. L'accroissement énorme qui s'est produit dans les étendues de terrain consacrées à la culture du froment et du maïs dans les grands territoires de l'Ouest a rendu impossibles les anciens errements consistant à conserver les récoltes dans les fermes. On est exposé à avoir dans une seule saison un excédent de récoltes de 300 millions de boisseaux (1) de maïs, sans parler de 100 millions de boisseaux de froment et autant d'avoine; les fermiers des États-Unis ensemencent actuellement en maïs une étendue de terrain montant à plus de 32 millions d'hectares, soit 4 millions de plus qu'il y a dix ans et récoltent 2 milliards et plus de boisseaux par saison. Les champs de blé couvrent 16 millions d'hectares, soit 1,6 de plus qu'il y a dix ans et la surface cultivée en avoine est de près de 12 millions d'hectares, 20 0/0 de plus qu'il y a dix ans.

De telles quantités de grains ne peuvent se vendre immédiatement sans une baisse énorme des prix. Il y a donc une nécessité absolue de les emmagasiner et de là est venu le développement du système des élévateurs sur une échelle inconnue jusqu'ici.

Dans le Dakota, le Kansas, ou le Nebraska, on trouve des fermes où es champs cultivés ont une superficie de 200 à 800 *h*; une faible partie seulement de la récolte est mise en granges; la masse est portée à ce qu'on appelle des élévateurs de chemins de fer situés dans des emplacements convenables. Ces élévateurs varient de capacité entre 10 000 et 100 000 boisseaux selon leur position dans les districts de production; c'est à ces magasins qu'on prend le grain nécessaire pour la consommation domestique ou pour le marché où on le porte sur des charrettes. Mais ce genre d'élévateurs de districts ne représente qu'une faible

(1) Le boisseau ou *bushel* équivaut à 36,35 *l*.

proportion de la capacité d'emmagasinage qui existe actuellement aux États-Unis.

Les élévateurs sont divisés en deux classes; les élévateurs d'emmagasinage et les élévateurs de transbordement. Les premiers sont généralement situés à terre, mais, sur les Grands Lacs et le long de la côte de l'Atlantique, on trouve des élévateurs flottants qui servent à décharger le contenu des allèges ou des bateaux de rivière dans les cales des navires de mer.

Les élévateurs de transbordement sont, le plus souvent, placés sur le bord de la mer ou des fleuves, pour pouvoir faire passer le grain du wagon au navire ou réciproquement. Souvent, des voies sont disposées pour amener les wagons dans le bâtiment même; si les conditions locales ne permettent pas cet arrangement, les voies sont disposées le long du bâtiment et d'ouvertures pratiquées dans les murs sortent des tuyaux dits spouts ou des chaînes à godets, dont la longueur va de 4,50 *m* à 7,50 *m* et qui sont articulés de manière à se replier contre les murs quand on ne s'en sert pas. L'extrémité de ces organes plonge dans les wagons et s'y déplace à mesure pour atteindre toutes les parties du chargement.

Avec les appareils modernes, on peut vider à peu près entièrement un wagon, à l'exception de quelques pelletées, de sorte que toute la main-d'œuvre se borne à promener l'extrémité du tuyau de prise. Un seul appareil peut débiter de 9 000 à 10 000 boisseaux par heure, de sorte qu'un train de 30 à 40 wagons représentant un chargement de 1 900 *t* peut être déchargé en une heure si l'installation comporte le nombre correspondant d'appareils de déchargement.

De même que dans les élévateurs de magasinage, le grain est amené à la partie supérieure pour y être conservé jusqu'à ce qu'on le fasse tomber dans les trémies de nettoyage, d'où il va aux appareils de pesage et ensuite aux spouts de distribution qui servent au chargement des navires. Ceux-ci sont plus grands que les tuyaux du déchargement des wagons, car chacun dessert un panneau de navire. Ils peuvent débiter de 20 000 à 25 000 boisseaux à l'heure; la longueur peut être réglée à volonté pour qu'on puisse arrimer convenablement le chargement dans les cales. Ces appareils opèrent avec une telle rapidité que les premières parties du grain contenu dans un wagon placé d'un côté du bâtiment tombent dans la cale d'un navire placé de l'autre côté, avant que le wagon soit vide.

Les élévateurs de magasinage sont divisés en compartiments de diverses dimensions, pour que la charge soit répartie aussi également que possible sur les fondations de l'édifice et aussi pour égaliser la pression latérale sur les murs. Dans les constructions en bois, les compartiments ou silos ont une section horizontale de forme carrée et s'étendent du haut au bas; ils sont habituellement concentrés dans le centre du bâtiment. Les appareils mécaniques sont généralement placés à la partie supérieure, à l'exception des moteurs qui, dans les élévateurs à vapeur, sont placés le plus souvent dans un bâtiment séparé, à cause des risques d'incendie et pour la facilité de la surveillance.

Dans les installations de construction récente, on place les organes

de déchargement et de chargement près des silos, au-dessus les appareils de pesage, puis ceux de nettoyage et, enfin, tout en haut, les transmissions et organes mécaniques.

Les appareils de chargement se composent ou de tuyaux en bois ou en métal, dans lesquels une dépression plus ou moins forte est produite par l'effet de ventilateurs ou bien de transporteurs formés le plus souvent de courroies métalliques portant des godets qui puisent et transportent le grain par le mouvement de la courroie. On emploie aussi ces derniers pour enlever les détritus sortant des nettoyeurs de grains. Les poussières et matières légères sont enlevées par un courant d'air produit par un ventilateur et transportées à l'extérieur par des cheminées spéciales.

Le nettoyage s'effectue dans les installations récentes par la chute du grain par la pesanteur ou par un transport par courroie sur des tamis à oscillations rapides qui séparent les matières étrangères. L'étage du pesage comporte une série de silos et de balances dont chacune peut peser d'un coup 10 000 à 15 000 boisseaux.

Dès qu'un compartiment est plein, le poids est enregistré d'une manière automatique et une porte s'ouvre dans le fond pour laisser tomber le contenu dans un silo de magasinage ou dans un tuyau de chargement. L'installation comporte un double jeu d'appareils de pesage pour que si une partie du grain est nettoyée, pesée et emmagasinée, une autre peut être chargée directement dans les navires ou les wagons, sans avoir à subir d'autres opérations. Dans tout cela, la main-d'œuvre n'intervient que pour régler les tuyaux de chargement, et mettre en marche et arrêter les appareils mécaniques. Il en résulte qu'un élévateur à vapeur perfectionné, ayant une capacité de transbordement de 100 000 boisseaux à l'heure, peut être manœuvré par un personnel comprenant un mécanicien et un chauffeur, un homme pour chaque tuyau de prise et une demi-douzaine d'hommes pour surveiller le fonctionnement des appareils et prévenir des accidents. La manœuvre des spouts dans les cales des navires ne fait pas partie du service de l'élévateur. Dans les installations mues par la vapeur, la commande se fait par une grande courroie, qui va de la chambre du moteur à la partie supérieure de l'élévateur, où elle actionne une ligne d'arbres par laquelle sont mis en mouvement les transporteurs, ventilateurs, etc. Dans quelques élévateurs de construction récente, on emploie des moteurs électriques séparés pour les divers organes, ce qui permet de faire fonctionner ceux-ci indépendamment les uns des autres.

Il y a actuellement une tendance très nette à l'accroissement de la capacité des élévateurs. Il y a dix ans, une installation de un million de boisseaux était considérée comme importante; celles qui sont aujourd'hui établies dans des gares de chemins de fer ou dans des ports fréquentés peuvent contenir de 1 1/2 à 3 millions de boisseaux; certaines peuvent charger à la fois trois navires à vapeur, chacun de 7 000 *tx* de port. L'énorme poids de ces constructions et les progrès accomplis dans l'emploi de l'acier pour ce genre de travaux fait qu'on s'en sert actuellement et qu'on en obtient les meilleurs résultats. On peut citer entre autres l'exemple d'élévateurs établis dans ces derniers temps sur les

Grands Lacs. L'un d'eux, qui passe pour être le plus grand qui existe dans le monde, a une capacité de 3 100 000 boisseaux, soit tout près de 1 130 000 *hl*; il a été établi par le Great Northern Railroad. à sa gare terminus de West Superior, dans le Wisconsin, et sert à la manutention des maïs, froment et avoine. Comme il représente les idées les plus nouvelles dans la construction des élévateurs, il est intéressant d'indiquer ses dispositions générales.

La carcasse en acier repose sur 280 colonnes de la même matière, portées par des fondations en pilotis et béton. L'enveloppe extérieure de la partie inférieure de l'édifice est formée de murs en briques reposant sur des fondations en pierres. Le magasinage des grains s'effectue dons des silos rectangulaires de 25,50 *m* de hauteur dont la capacité varie entre 6 300 et 24 900 boisseaux. Ces silos sont en tôles d'acier de 1 525 *m* de longueur et dont l'épaisseur varie de 4 1/2 à 7 1/2 *mm*.

A la partie inférieure, les dispositions ne diffèrent pas sensiblement de celles des élévateurs ordinaires, mais, en service, les wagons sont amenés dans le bâtiment par rames de neuf chacun, avec traction par câble. Quand le grain passe des wagons dans les trémies, il est repris par des chaines à godets qui l'élèvent à la partie supérieure de la construction, d'où il descend dans des silos spéciaux attenant aux appareils de pesage et ensuite dans ceux-ci. De là, par un distributeur tournant, il passe aux spouts, d'où un transporteur à courroie l'amène aux silos de magasinage. Si le grain a besoin d'être nettoyé, il passe à un transporteur spécial qui l'envoie sur les tamis des nettoyeurs, après quoi il remonte à la partie supérieure de l'édifice, pour descendre après aux magasins. Il est, dans ce cas, pesé une seconde fois avant d'être embarqué. Une particularité nouvelle de l'installation est l'emploi de cuillères automatiques dont il y a une par chaque wagon. Chaque jeu de neuf de ces cuillères est disposé de telle sorte, sur une voie suspendue, que chaque cuillère peut être introduite dans un quelconque des wagons. Chaque ligne de cuillères est mue par deux jeux de câbles. Il y a des voies pour recevoir 160 wagons à la fois, et les wagons déchargés peuvent être rapidement amenés par un chariot de transbordement sur les voies qui leur sont destinées.

Dans l'installation de la force motrice, on s'est préoccupé d'avoir, autant que possible, des moteurs indépendants pour les diverses opérations, de manière à obtenir la plus grande économie. Tout est mû par l'électricité, même le câble de halage des wagons est actionné par un moteur électrique de 100 *ch*. Chaque courroie de transport, chaque ventilateur, nettoyeur et cuillère de déchargement, etc., a son moteur indépendant dont la force varie de 7 1/2 à 100 *ch*, ce qui donne un total général de 2 070 *ch*.

L'élévateur dont nous parlons peut charger, par vingt-quatre heures, 300 000 boisseaux dans les cales des navires, et décharger 600 wagons dans le même espace de temps.

Les ressources, dans cet ordre d'idées, de plusieurs autres ports des Lacs ont été, dans ces derniers temps, considérablement augmentées par la construction d'élévateurs consistant en une série de cylindres en tôle dont chacun est divisé en plusieurs silos de dimensions appropriées.

Quelquefois, ces cylindres sont contenus dans une enveloppe en bri-

ques, mais le plus souvent, notamment à Buffalo, on se dispense de cet accessoire. De même que dans l'élévateur décrit ci-dessus de West Superior, les appareils mécaniques sont logés dans une sorte de coupole placée au-dessus des silos. Le grain est embarqué dans les navires, soit par le moyen de spouts, soit par des transporteurs à courroies circulant dans des galeries en bois qui vont de bas en haut de l'édifice.

Grâce à l'emploi de transporteurs à courroies, un élévateur peut être établi à une distance de 150 à 300 *m* du bord du quai et décharger le grain qu'il contient rapidement et sans difficultés. Les courroies sont en communication avec les portes de déchargement des silos et vont jusqu'au bord du quai en passant par des galeries closes. Le long du quai est établi un autre système de transporteur divisé en sections dont chacune possède un spout de déchargement. Chacune de ces sections est alimentée par un transporteur spécial venant de l'élévateur, de sorte que ces sections peuvent manœuver indépendamment des autres ou avec elles, selon le nombre de navires à charger. On trouve un exemple de l'application de ce système à la Nouvelle-Orléans, où une installation d'élévateurs de 1 500 000 boisseaux de capacité est établie en ce moment par l'Illinois Central R. R. Le bâtiment est placé à 150 *m* du bord de la rivière et aura quatre lignes de transporteurs à courroie, desservant des transporteurs placés sur les quais, d'une longueur totale de 600 *m* en quatre sections de 150 *m*. Chacune de ces sections devra débiter 20 000 boisseaux à l'heure. Cet élévateur sera construit en bois avec fondations en béton. Le déchargement des wagons s'effectuera par des cuillères automatiques. Les appareils mécaniques seront mus par la vapeur.

Ce système de manutention présente plusieurs avantages ; l'élévateur peut être établi où on trouve le plus convenable, sans qu'on ait à se préoccuper de constructions existantes qui pourraient se trouver entre lui et le quai. Dans des ports où, sur la rive, le sol est assez mauvais pour nécessiter des fondations coûteuses, la construction peut être éloignée et placée sur un terrain plus favorable. Un autre avantage de la méthode suivie à la Nouvelle-Orléans est d'éviter les dommages que peuvent causer les débordements du fleuve. Dans des rivières comme le Mississipi, qui sont sujettes à des crues violentes et subites, on doit prendre des moyens de défense particuliers pour les constructions placées sur les rives.

Installation de transport aérien. — Nous trouvons dans le *Monitore Tecnico* un intéressant exemple d'installation de transport aérien établie récemment à Longara, dans la province de Bellune, qui mérite d'être signalé à cause des conditions spéciales de service dans lesquelles il fonctionne.

La maison G. Protti et Cie avait, vers la fin de 1900, établi une fabrique de cartonnages avec pâte de bois dans la vallée de la Piave ; dans le but d'utiliser une force hydraulique empruntée à cette rivière, la fabrique fut placée au fond de la vallée ; or, la route nationale par laquelle les matières premières arrivent et les marchandises fabriquées s'en vont, est située à 700 *m* de distance horizontale et à 20 *m* plus haut que l'usine.

Parmi les divers systèmes de transport qu'on fut amené à étudier, on donna la préférence au système funiculaire qui se prêtait d'une manière particulièrement favorable à la traversée de la Piave, de deux routes communales et d'un champ de tir à la cible.

La ligne aérienne de câble a une longueur de 714 *m*, avec une différence de niveau, entre les extrémités, de 24,15 *m*. Elle est formée de deux câbles parallèles fixés d'une manière invariable par des ancrages à la partie supérieure et tendus par des contrepoids à la partie la plus basse ; ces câbles sont supportés par huit pylônes en bois, dont la hauteur varie entre 6 et 17 *m*, au moyen de consoles en fonte ; ces câbles ont un diamètre de 26 *mm*, et sont formés de 37 fils d'acier ; les deux câbles sont écartés de 1,75 *m* l'un de l'autre.

Le câble de traction est continu, il est en fils d'acier et son diamètre est de 10 *mm* ; il porte sur des poulies fixées aux pylônes sous les câbles de support.

La station inférieure a une poulie horizontale de 1,75 *m* de diamètre, à jante garnie de cuir sur laquelle s'enroule le câble de traction ; le mouvement est donné à cette poulie par une petite turbine installée sur la rivière, au moyen d'une paire d'engrenages coniques et d'un jeu de poulies disposé de telle sorte que la poulie principale puisse se mouvoir dans les deux sens. La force nécessaire est de 4 *ch*.

A la station supérieure est une poulie horizontale sur laquelle passe également le câble de traction, cette poulie a son axe susceptible de se déplacer dans une coulisse et un contrepoids assure constamment la tension du câble.

Le transport des matériaux s'effectue au moyen de wagonnets ; ces matériaux consistent en paquets de carton du poids de 100 *kg* chacun qu'il s'agit de transporter de la fabrique à la route nationale et de troncs d'arbres de 5 *m* de longueur dont le poids peut aller à 1 000 *kg*, qu'on a à transporter en sens inverse. Deux wagonnets circulent constamment sur la ligne, quand l'un part de la station supérieure, l'autre part du bas ; ils se croisent à moitié chemin. La vitesse est de 1,50 *m* par seconde et le parcours total s'effectue en 8 minutes ; le chargement et le déchargement s'opèrent en quatre minutes, on fait faire ainsi cinq voyages par heure à chaque wagonnet, ce qui donne un débit de 10 000 *kg*, représentant à peu près la capacité de la ligne.

Ces wagonnets doivent, comme on l'a indiqué, servir au transport des ballots de carton et du bois ; on a étudié, dans ce but, un modèle spécial comprenant une plate-forme pour recevoir les ballots et deux robustes crochets pour les pièces de bois, le tout supporté sur deux chariots à deux roues chacun.

Le coût total de l'installation, exécutée par la maison Ceretti et Tanfani, de Milan, a été de 25 000 *f*. Le fonctionnement est très satisfaisant et répond à toutes les exigences du service. Les deux stations, supérieure et inférieure, sont en communication par téléphone.

Le docteur Lardner et la navigation transatlantique. — Il s'est introduit dans l'histoire du développement des sciences et des arts industriels un certain nombre de légendes fort inexactes et qu'il est

très difficile de détruire aujourd'hui. Une des raisons, ce n'est pas la seule, est que les auteurs se copient les uns les autres et qu'une erreur ou une confusion initiales ne peuvent manquer de se reproduire indéfiniment. Une des plus curieuses de ces légendes est celle qui tend à faire croire que le savant anglais Dyonisius Lardner avait affirmé l'impossibilité matérielle pour un navire à vapeur de traverser l'Atlantique.

Le *Railroad Gazette* a tenté dernièrement de rétablir la vérité et nous croyons de toute équité de reproduire ce qu'il dit à ce sujet.

La légende remonte à l'année 1837, où le D[r] Lardner fit une conférence sur la question de la traversée de l'Atlantique, à Bristol, devant l'Association Britannique. On avait présenté deux projets ; l'un proposant la création d'une ligne de vapeurs entre la côte occidentale d'Irlande et Boston, avec escale à Halifax, et l'autre proposant une ligne directe entre Bristol et New-York. Le D[r] Lardner se prononça nettement en faveur du premier projet de préférence au second. Immédiatement, le bruit se répandit, propagé surtout par les intérêts froissés de Bristol, que le D[r] Lardner avait déclaré que la traversée directe de l'Océan était impraticable, qu'un tel projet était chimérique et qu'autant vaudrait essayer d'atteindre par la vapeur la lune que New-York. Il n'y avait probablement pas, à cette époque, d'homme plus compétent en matière de navigation à vapeur que le savant incriminé, et une telle déclaration de sa part eût été absurde surtout si on considère que, dès 1819, c'est-à-dire vingt ans auparavant, un vapeur, le *Savannah*, avait fait la traversée de l'Océan entre Savannah et Liverpool.

Ce que le D[r] Lardner avait dit dans sa conférence et qui a été confirmé par les faits dans les années suivantes est simplement ceci : que le succès d'une ligne de vapeurs naviguant toute l'année entre Bristol et New-York était extrêmement douteux dans l'état actuel de la navigation parce que ce ne pouvait pas être une affaire donnant un bon résultat, financièrement parlant. La communication entre la côte occidentale de l'Irlande et Boston, par Halifax, non seulement était plus courte, mais encore offrait l'avantage à la Compagnie qui entreprendrait ce service de s'assurer le contrat pour les transports du Post Office britannique. Le docteur n'a jamais parlé que d'une difficulté financière et jamais d'une impossibilité technique.

L'année suivante, une tentative fut faite dans le but d'établir une ligne régulière à vapeur de Bristol à New-York, mais le service fut très irrégulier et donna lieu à des pertes d'argent qui firent promptement abandonner ce service. Il ne fut repris que plusieurs années plus tard et après que de sérieux perfectionnements eurent été apportés aux navires à vapeur. La ligne de Boston par Halifax fut établie en 1840, et eut un grand succès dès le début ; c'est celle que soutenait le D[r] Lardner.

Lorsque le *Sirius* et le *Great Western* arrivèrent le même jour, 22 avril 1838, dans le port de New-York (1), une grêle de quolibets fondit, grâce à la légende répandue, sur le pauvre docteur et, malgré tout ce qu'il put dire pour réagir contre elle, elle a subsisté jusqu'ici.

(1) Ce n'est pas tout à fait exact, car le *Sirius* arriva le 22, après dix-huit jours de traversée, et le *Great Western* le 23, après quinze jours.

Dans son traité de la machine à vapeur, écrit en 1836, le docteur Lardner dit, pages 264 à 267 : que pour pouvoir apprécier approximativement la limite actuelle de la navigation par la vapeur, il faut considérer les relations entre la capacité et le tonnage du navire, la puissance de la machine, l'approvisionnement de combustible, la vitesse moyenne, etc. Il donne ces chiffres pour un certain nombre de navires à vapeur, en indiquant les résultats obtenus, et pose les conclusions suivantes :

Ce qui précède permet d'admettre qu'on peut établir des navires pouvant porter une tonne et demie de charbon par cheval de puissance de la machine. Avec les consommations indiquées, cet approvisionnement serait suffisant pour permettre un trajet de 2400 milles dans des conditions atmosphériques moyennes, mais il faut toujours prévoir un supplément pour faire la part de l'imprévu et, dès lors, il ne serait pas prudent de compter sur ce parcours avec la quantité d'approvisionnements indiquée. Si on compte le supplément de précaution à raison de un quart de tonne par cheval, la limite extrême de parcours sans reprendre de charbon en route pouvait être évaluée à 2 000 milles.

On trouve dans le même ouvrage, pages 274-276, les considérations suivantes : « On a parlé de l'établissement d'une ligne directe de navigation entre Londres et New-York. Le point de la côte américaine le plus près de la Grande-Bretagne est Saint-Jean de Terre-Neuve, distance 1 900 milles, avec Halifax pour station intermédiaire. La distance entre Valentia et Saint-Jean se rapproche beaucoup de la limite du parcours indiqué plus haut. Il ne faut pas oublier que, sur l'Océan, dans certaines saisons, les vents d'Ouest deviennent et forment un obstacle très sérieux à la navigation. Outre cette difficulté, Saint-Jean et Halifax sont inaccessibles, à raison du climat, dans certains mois de l'année. On pourrait encore envisager la possibilité d'établir une ligne entre l'extrémité méridionale de l'Irlande ou de l'Angleterre et les Açores, distance 1 800 milles, et entre les Açores et New-York, 2 000 milles, ou entre les Açores et Saint-Jean, 1 600 milles. »

Nous avons reproduit intégralement la citation du journal américain, mais nous avouons ne pas bien voir quel intérêt la dernière partie présente pour la thèse soutenue par lui en faveur du docteur Lardner.

Il nous semble que ce savant, qui n'était pas ingénieur, ne s'est peut-être pas suffisamment rendu compte à l'époque que la solution prochaine de la question de la navigation transatlantique était tout entière dans l'augmentation des dimensions des coques. En effet, il n'y a eu, entre 1838 et l'époque où les premiers services transatlantiques réguliers ont commencé, aucun perfectionnement aux appareils moteurs ; on a conservé les lourdes machines à balancier et les pesantes chaudières à galeries, fonctionnant à 4 ou 5 livres de pression. Mais on a augmenté les dimensions des coques, et, comme le tonnage croissait en raison du cube des dimensions, tandis que la résistance, c'est-à-dire la puissance nécessaire pour une vitesse donnée, augmentait seulement comme le carré de ces dimensions ou à peu près, on a obtenu des résultats de plus en plus favorables. C'est ainsi que le *British Queen*, puis le *Président*, de lugubre mémoire, ont pu avoir des tonnages de 2 000 *t* et réaliser des résultats que des navires de 1 000 à 1 200 *t* ne pouvaient pas donner.

Quantité de chaleur contenue dans la vapeur surchauffée. — La *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* donne, dans son numéro du 17 mai dernier, une note du professeur C, Bach relative à la quantité de chaleur contenue dans la vapeur surchauffée.

L'auteur rappelle que dans les formules, établies en 1899, pour être employées dans les expériences de rendement des chaudières et machines à vapeur par la Société des Ingénieurs Allemands, l'Union internationale des Associations de surveillance des chaudières à vapeur et l'Association des constructeurs de machines allemands, la quantité de chaleur contenue dans la vapeur surchauffée est donnée par la formule :

$$w_1 = 606.5 + 0{,}305\tau_1 + 0{,}48(\tau_1' - \tau_1) \qquad (1)$$

dans laquelle τ_1 est la température de la vapeur saturée à la pression correspondante et τ_1, la température de la vapeur vapeur surchauffée.

Des recherches effectuées au laboratoire de mécanique de l'École royale technique de Stuttgart, et dans lesquelles les vapeurs saturée et surchauffée étaient condensées dans des serpentins de 50 *m* de longueur, présentant 6 m^2 de surface, de manière à permettre d'apprécier par l'échauffement de l'eau de refroidissement la chaleur possédée par la vapeur, ont fait constater que, avec la vapeur surchauffée, on trouvait invariablement une quantité de chaleur supérieure à celle que donnait la formule (1), où le coefficient est 0,48, alors qu'à cause des pertes inévitables de chaleur, on eut dû trouver moins.

On a été amené à conclure que le coefficient 0,48 donné par Regnault doit être modifié et on a fait une série d'expériences pour trouver la valeur de ce coefficient *c*, les autres quantités de la formule (1) étant connues.

Dans l'expérience 1, avec $\tau_1' = 325{,}9 + \tau_1 = 128$, la température de sortie de l'eau de refroidissement τw était 38,4 et celle de l'air dans le laboratoire où on expérimentait τl 30,9, on a trouvé pour *c* la valeur 0,624.

Dans l'expérience 2, avec $\tau_1' = 227{,}1$, $\tau_1 = 146{,}3$, $\tau w = 40{,}7$ et $\tau l = 36{,}4$, on a trouvé $c = 0{,}574$.

Dans l'expérience 3, avec $\tau_1' = 323{,}6$, $\tau_1 = 160{,}5$, $\tau w = 54{,}4$ et $\tau l = 31{,}8$, on a trouvé $c = 0{,}534$.

Enfin l'essai 4 a donné pour $\tau_1' = 324{,}6$, $\tau_1 = 170.5$, $\tau w = 60{,}5$ et $\tau l = 33{,}7$, $c = 0{,}536$.

Si, d'après ces expériences, on rapporte les valeurs trouvées pour *c* aux différencees constatées entre la température de l'air ambiant et de l'eau de refroidissement après sa sortie, on peut former le tableau suivant :

Essais.	τw τl.	*c*.
1	— 2,5	0,624
2	+ 4.5	0,574
3	+ 19,6	0,534
4	+ 26.8	0,536

On voit que la valeur de *c* décroît à mesure que la différence croît entre la chaleur de l'eau de refroidissement et celle de l'air ambiant, ce

qui s'explique par la disparition d'une certaine quantité de chaleur par le rayonnement du bassin dans lequel cette eau est contenue. Dans l'expérience 1, cette différence est très faible et négative. L'auteur croit donc pouvoir conclure qu'en attendant des expériences plus précises, on peut, en pratique, pour des surchauffes de 200° environ, adopter la valeur $c = 0{,}60$, au lieu de 0,48.

Pour la vapeur saturée, les expériences semblaient indiquer que la quantité de chaleur retrouvée dans l'eau de refroidissement est un peu plus faible que celle qui est donnée par la formule de Regnault : $w_1 = 606{,}5 + 0{,}305\tau_1$. L'auteur ne s'est point proposé de traiter cette question, mais seulement de donner une valeur de c pouvant être employée, en pratique, pour les calculs des machines à vapeur surchauffée.

Cette correction serait de nature à atténuer légèrement les avantages de la vapeur surchauffée ; ainsi de la vapeur à 11 *kg* de pression, soit 180°, surchauffée de 180°, total 360°, contiendrait 657 calories par kilogramme, au lieu de 635,4 qu'on compte ordinairement avec le coefficient 0,48, ce qui fait 3,4 0/0 de plus de chaleur, ce dont il faut tenir compte en appréciant l'économie donnée par la vapeur surchauffée.

Épuration du sewage à Manchester. — Nous avons fait allusion, dans la Chronique de juin, page 956, à des essais en grand faits à Manchester sur le traitement bactériologique des eaux d'égouts. Il nous paraît utile de donner sur ces essais les renseignements suivants empruntés aux *Annales des Travaux publics de Belgique*.

Le dernier rapport annuel de la *Manchester Corporation* donne quelques détails intéressants au sujet des essais d'épuration bactériologique effectués dans ces derniers temps à Manchester,

Voici, d'après le journal *The Surveyor*, une courte analyse de ce rapport,

Traitement par le tank septique ouvert — Les résultats obtenus jusqu'ici montrent clairement que ce n'est qu'après une certaine période de fonctionnement, c'est-à-dire lorsque les conditions septiques se trouvent entièrement réalisées, que le rendement du tank devient normal. Il importe donc de modérer le débit dans les premiérs temps. On a remarqué également que les pluies persistantes, en amenant beaucoup de vase, facilitent la formation de dépôts dans le tank, dont la capacité se trouve ainsi réduite, et nuisent au rendement.

Comme conclusion générale des expériences, on peut dire qu'un système de tanks septiques ayant une capacité égale à la moitié du débit journalier du sewage, permettrait, à Manchester, de liquéfier ou de convertir en gaz, environ 25 0/0 de la quantité totale des matières en suspension ; un tiers, à peu près, de cette même quantité doit être traité comme sewage et le restant est partiellement oxydé sur les lits de contact ou doit être enlevé de la surface de ceux-ci comme détritus. En temps sec le volume de ces résidus n'est pas considérable.

Le rapport fait ressortir que l'action du tank septique ne se borne pas à détruire les boues ; elle a aussi pour effet de rendre la composition du sewage plus uniforme pour le traitement sur les lits de contact et de fournir un effluent propre à l'oxydation.

Un point secondaire, la question de savoir s'il serait rémunérateur de recueillir, en vue de les utiliser, les gaz produits, n'a pas été tranché ; mais il est probable que lorsque le tank doit être couvert, par des raisons quelconques, l'utilisation des gaz réduirait, dans une certaine mesure, les frais du recouvrement.

Le fait qu'un certain temps doit s'écouler avant quo l'action septique atteigne son maximum d'intensité prouve qu'il est recommandable d'adopter un tank disposé de façon à pouvoir enlever les boues de temps en temps, sans interrompre le fonctionnement. Un tank, ainsi aménagé, a été construit à Manchester, et se trouve actuellement en activité ; on espère que son action septique sera plus efficace et qu'il retiendra en partie des matières en suspension qui, actuellement, passent sur les lits de contact. Un rapport sera fait ultérieurement sur les résultats obtenus.

Traitement par les lits de contact. — Les expériences ont porté sur quatre lits A, B, C et D, qui recevaient l'effluent du tank septique ; A et C, lits primaires, recevant l'effluent du tank en premier lieu, envoyaient leur effluent sur D, lit secondaire, recevant l'effluent du tank en second lieu ; B fonctionnait séparément. Voici les conclusions générales qui se dégagent de ces expériences :

1° Il est possible d'obtenir un effluent *entièrement* satisfaisant en donnant aux lits secondaires la moitié de la surface des lits primaires ;

2° En général, on peut obtenir un effluent non putrescible, au moyen d'un seul contact ;

3° Au point de vue du maintien de la capacité et de l'action épura tive, il n'est pas recommandable de faire fonctionner les lits primaires en hiver, pendant une période prolongée, à raison de quatre remplissages par jour ;

4° La durée du contact ne doit pas dépasser une heure, de manière à permettre une aération convenable ;

5° Pendant les premiers temps du fonctionnement, la capacité du lit décroît rapidement, mais aucune réduction de capacité permanente n'a été constatée durant la période s'étendant de mars 1900 à mars 1901. Depuis cette dernière date, la capacité a augmenté. Le lit séparé B a toujours conservé une capacité plus grande que les lits primaires A et C :

6° Pendant l'été, la capacité moyenne est plus grande qu'en hiver, une période de repos d'une semaine (voir plus loin) n'augmentant pas beaucoup la capacité de cette dernière saison ;

7° Il y a peu d'avantage à prolonger la durée d'un repos au delà de quinze jours ;

8° Le maintien en bon état de la surface des lits demande peu de travail.

Il a été constaté, également, qu'une période de repos intervenue au printemps, avait considérablement augmenté la capacité des lits primaires.

Le rapport estime que l'on obtiendrait des résultats satisfaisants en effectuant trois remplissages par jour pendant trois semaines successives,

un repos étant donné tous les dimanches et pendant une semaine sur quatre. Ce mode de fonctionnement est appliqué actuellement.

Les résultats des premiers mois sont moins favorables que ceux des mois subséquents, excepté, toutefois, immédiatement après le repos, alors que les lits travaillaient pendant deux semaines à raison de deux remplissages par jour, le fait doit être attribué à l'obstruction par les boues. On a pu constater encore que les lits qui recevaient d'habitude l'effluent du tank septique ne parvenaient pas à épurer, d'un coup, le sewage brut. Le lit séparé D a donné des résultats extrêmement satisfaisants. Aucun échantillon de l'effluent qu'il fournissait n'a été trouvé putrescible et les essais d'oxygène et d'ammoniaque albuminoïde répondent aux prescriptions du « Mersey and Irwell Joint Committee » (1). Un essai de fonctionnement continu pratiqué au moyen de ce filtre n'a pas été couronné de succès : l'effluent devenait putrescible ; le degré d'épuration était néanmoins considérable et ce système pourrait avoir son utilité au cas où la superficie de terrain réservée aux filtres primaires est restreinte. Le rapport explique la supériorité du lit B par ce fait que pendant une année avant les essais ce lit n'avait pas été utilisé comme lit secondaire ; les matériaux constituants avaient pu ainsi s'affermir et les bactéries se développer avant de recevoir un débit plus intense.

Perte de capacité des lits de contact. — La réduction de la capacité des lits de contact doit être attribuée principalement aux causes suivantes : *a)* Tassement des matériaux constituants ; *b)* Croissance d'organismes ; *c)* Drainage défectueux ; *d)* Matières insolubles pénétrant dans le lit ; *e)* Rupture des matériaux du filtre.

La première de ces causes est inévitable et contribue largement à la réduction rapide de la capacité constatée dans les premiers temps du fonctionnement ; aussi est-il souvent nécessaire, après une courte période de travail, de recharger le lit pour lui conserver son niveau primitif. *(A suivre).*

Le pétrole russe en Sibérie. — Notre collègue, M. L. Journolleau a bien voulu nous envoyer la communication suivante.

Le dernier congrès des producteurs de pétrole de Bakou a publié dans la *Targovaïa-promychlewnaia Gazetta*, une étude très complète sur les différents modes d'éclairage usités dans l'Empire. Nous en extrayons les passages les plus intéressants en ce qui concerne la consommation du pétrole dans la Russie d'Asie.

Avant la création du Transsibérien, vers 1880, les premiers essais d'introduction du pétrole dans la région de Tomsk furent faits par un certain Karvakoff, de Perm. En 1887, on construisit, à Tomsk, le premier réservoir de pétrole, d'une contenance de 27 000 pouds. Un syndicat s'était formé pour maintenir les prix de vente aux environs de 4 à 5 roubles le poud (16,38 *kg*). Il dura peu de temps et ne servit qu'à enrayer momentanément l'extension du commerce. C'est seulement en

(1) Ces prescriptions fixent comme limites maxima d'épuration par gallon (4,54 *l*) de sewage : 1 grain (6,45 *cg*) d'oxygène absorbé en quatre heures et formation de 0,1 grain (0,645 *cg*) d'ammoniaque albuminoïde.

1889, lorsque la Société Nobel créa ses dépôts que le commerce du pétrole s'organisa d'une façon définitive.

La construction du Transsibérien et la création de nombreux réservoirs le long du chemin de fer ont donné une grande impulsion à la vente et à la vulgarisation du pétrole en Sibérie. Il en est résulté certaines perturbations dans l'organisation commerciale telle qu'elle existait primitivement.

La ville de Tomsk n'est pas située sur le Transsibérien auquel elle est reliée par un embranchement de 80 verstes ; elle a perdu beaucoup de son importance et le centre du commerce pétrolifère s'est porté à la station de Ob où sont actuellement les réservoirs les plus importants de la Sibérie.

Pour toute la Sibérie occidentale, les expéditions de pétrole se font de Bakou, par la Caspienne ou le Volga, en chalands-citernes remorqués à destination de Samara, point d'intersection du Transsibérien et du Volga. Là, le pétrole est pompé dans les wagons-citernes du chemin de fer et dirigé par Tchéliabinsk sur Omsk, Tomsk, Tioumene, Krasnoïarsk et Irkoutsk. On estime que la consommation de cette région est de 700 000 pouds.

Toutes ces provinces sont admirablement desservies par les voies fluviales qui, coupées par le Transsibérien, desservent également les territoires de Pavlador, Semipalatiask, Barnaoul et l'Altaï. C'est là principalement que se porte l'émigratien de la population rurale de la Russie d'Europe, ce qui contribue à accroître la consommation de pétrole ; cette consommation est pour la région de Semipalatinsk de 200 000 pouds. On compte qu'elle augmentera très sensiblement après la construction de la route de Mongolie par l'Altaï. Les transports fluviaux coûtent 15 cop. le poud de Tioumène à Tomsk, 20 cop. à Barnaoul et Semipalatinsk et 8 cop. de Omsk à Tioumène. Vu la rigueur de l'hiver, on ne dispose de ces fleuves que pendant l'été, ce qui oblige à des approvisionnements très onéreux pour le commerce.

Le commerce rural n'est pas encore organisé dans toutes ces régions; ce sont les paysans venant vendre leurs produits en ville qui remportent des marchandises et notamment du pétrole. Dans les campagnes plus reculées, le pétrole est inconnu ; on y brûle des chandelles de suif et le traditionnel loutchina, sorte de copeau allume en bois résineux.

Dans la région d'Irkoutsk, on voit brûler, dans des cheminées, des torches goudronnées qui servent aussi bien au chauffage qu'à l'éclairage.

En tant que combustible, les résidus de naphte, si répandus en Europe pour le chauffage des chaudières, sont peu employés en Sibérie. Ces régions ont tant de richesses forestières et minérales que ce fait n'est pas surprenant.

Le Transsibérien achète à Omsk et à Krasnoïarsk le bois destiné au chauffage de ses locomotives à raison de 12 et 15 roubles la sagène cubique, ce qui fait 4 *f* le stère.

Les bassins houillers du Kouznetsk, Soudjenky et de Pavlodar fournissent annuellement au chemin de fer 25 millions de pouds de charbon, à raison de 7 cop. le poud, soit 11 *f* la tonne.

Quant aux huiles minérales, la Sibérie occidentale en absorbe à peine 40 000 pouds, dont la moitié est consommée par les chemins de fer et le reste par les mines d'or, les minoteries et les moteurs à naphte. Les Compagnies de bateaux à vapeur, par économie, emploient pour le graissage des résidus de naphte dont l'importation est de 100 000 pouds environ.

Les mines d'or de la Léna, situées dans la région de Iakoutsk, au nord du lac Baïkal, manquent de moyens de communication. Actuellement les marchandises sont amenées à la station de Zima; de là, transportées par chevaux soit à Balayansk sur l'Angara, soit à Jigalovo sur la Léna. La distance à parcourir est de 170 verstes et le coût du transport est de 70 cop. le poud en été, tandis qu'en hiver, par le traînage, il n'est que de 40 cop. La Léna n'est navigable toute l'année qu'entre Iakoutsk et Oustkout. De Jigalovo et de Bagalanks, on ne peut faire les expéditions qu'une fois par an, au printemps à l'époque des hautes eaux, au moyen de véritables caravanes de bateaux.

En Sibérie Orientale, les pétroles viennent par les ports du Pacifique. Ils sont embarqués à Batoum, sur la mer Noire, où les expéditions se font en caisses. Étant données les difficultés et les irrégularités de transport, les transbordements à la station de Missovïa sur le Baïkal, le pétrole d'Irkoutsk ne pénètre pas en Transbaïkalie. Lorsque les tarifs différentiels seront appliqués et qu'un service régulier de marchandises s'établira, il est à prévoir que ce pétrole refoulera celui venant du Pacifique jusqu'à Srétinsk et Kabarowsk. On estime que la consommation de toute cette région, y compris la fraction chinoise, sera de 500 000 pouds.

Il y a quelques années, lorsque l'entrée en franchise existait par Vladivostok, on brûlait, dans toute cette partie de la Sibérie, du pétrole d'origine américaine, qui est remplacé, actuellement, par du pétrole de provenance exclusivement russe, se vendant 3 roubles la caisse de 1 poud ou 32 livres. Depuis la suppression de son port franc, la création de Dalny et Port-Arthur, Vladivostok a beaucoup perdu de son importance commerciale. Vladivostok lui-même, depuis la construction du chemin de fer d'Oussoury, avait détrôné le port de Nicolaevsk qui ne sert plus guère qu'à alimenter l'île de Sakhaline dont la population est entièrement composée de forçats.

En Mandchourie, les premiers efforts tentés pour introduire le pétrole dans la population indigène ont été infructueux; celle-ci continue à brûler des huiles végétales dans des boîtes de fer-blanc munies d'une mèche. La clientèle est, jusqu'à présent, exclusivement européenne. Il est certain que la construction du chemin de fer entraînera de grandes modifications. Le Soungary perdra de son importance; actuellement la navigation y est très active; les jonques chinoises qu'on voyait, il y a quelques années sur ce fleuve, y sont remplacées par des bateaux à vapeur. Port-Arthur, dont la baie est étroite et les côtes encombrées par des fortifications, a peu d'avenir. Le port de Dalny est plus commode; il a un avenir incontestable au point de vue commercial; les travaux d'aménagement y sont menés avec activité et bientôt les navires de haute mer pourront y aborder. En attendant l'achèvement de ces tra-

vaux, c'est Inkeou qui sert de port commercial entre la Mandchourie, la Chine, la Corée et le Japon. La partie de la Mandchourie la plus habitée se trouve à 500 verstes de Port-Arthur; elle sera desservie par le chemin de fer. On estime que la Mandchourie consommera 500 000 pouds de pétrole.

En Extrême-Orient, la concurrence du pétrole américain est préjudiciable au pétrole russe. Le tableau suivant, exprimé en milliers de caisses, en est une preuve irréfutable :

		Chine.	Japon.
1899	Américain	4 470	3 460
	Russe	2 650	780
1900	Américain	4 340	5 240
	Russe	1 340	160
1901	Américain	7 510	6 020
	Russe	2 020	520

Les Américains possèdent, notamment au Japon, des dépôts et réservoirs admirablement organisés. Les prix sont de 3 à 3,50 *f* la caisse.

Comme l'influence russe croît en Chine, que les relations commerciales deviennent plus étroites, on peut espérer que l'importation du pétrole russe atteindra une grande importance en Extrême-Orient, surtout si les exportateurs du Caucase font les sacrifices nécessaires pour l'aménagement des dépôts et réservoirs indispensables.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUIN 1902.

Rapport de M. A. BARBET sur **la poulie extensible** de M. DELAGNEAUX, mécanicien à Paris.

Ce système est basé, comme plusieurs autres, d'ailleurs, sur le principe du système articulé en zigzag, dit des ciseaux de Nuremberg, mais une ingénieuse disposition fait que le système se développe suivant une circonférence. Cette disposition parait simple et solide et est appelée à recevoir des applications.

Conférence sur **le verre armé,** par M. L. APPERT.

L'incorporation dans une feuille de verre d'un réseau métallique constitue le verre armé, dont les qualités primordiales sont la cohésion et la ténacité.

L'auteur décrit le mode de fabrication et les principales applications de cette matière, dont un procédé de fabrication lui est dû. La note est accompagnée de la description de divers brevets relatifs à cette fabrication.

Récupération de l'énergie à la descente des trains sur les pentes. Résumé d'un mémoire de M. CONSTANTINESCU, par M. RATEAU.

L'idée n'est pas neuve; elle est réalisée couramment sur les tramways électriques. M. Constantinescu a étudié la question avec l'emploi de l'eau et de l'air comprimé combinés avec des accumulateurs électriques jouant le rôle de volant. En prenant pour terme de comparaison la ligne bien connue de l'Utliberg, il trouve qu'on eut pu, en réduisant la longueur par l'augmentation de la pente, ramener le coût d'établissement à 1 100 000 (au lieu de 1 630 000) et supprimer entièrement la dépense de charbon qui est d'environ 16 000 *f* par an.

Essais du cuir dans ses applications industrielles, par M. H. BOULANGER *(suite)*.

Cette partie étudie la résistance et l'allongement des cuirs de buffle chromé et la résistance des divers genres de lanières employées pour les rattaches.

Fer et phosphore, par M. J. E. STEAD *(suite et fin)*.

Programme des prix proposés par la Société d'Encouragement à décerner dans les années 1902 et suivantes.

Notes de mécanique. — On trouve dans ces notes la description des machines à vapeur Westinghouse de la Waterside Station à New-York, d'une soufflerie pour hauts fourneaux Stampf, une note sur les progrès récents des moteurs à gaz d'après M. T. H. Bears, et une sur les vis sans fin globoïdales, d'après M. Lindner.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Juin 1902.

District de Paris.

Réunion du 22 mars 1902.

Communication de M. Rateau sur **ses expériences sur un nouvel éjecto-condenseur.**

Ce nouvel éjecto-condenseur est caractérisé par la forme de sa tuyère d'injection, la disposition de sa soupape de retenue et par un système de réglage du débit d'eau permettant de proportionner, dans une certaine mesure, la dépense d'eau au volume de vapeur à condenser.

Les expériences ont indiqué que, pour éviter le désamorçage et assurer la stabilité de marche, il suffit d'une charge d'eau de 5 à 6 *m*.

Les résultats obtenus démontrent la loi suivante :

Pour un éjecto-condenseur fonctionnant dans des conditions déterminées de pression à l'amont et à l'aval, la différence des températures de la vapeur et de l'eau est sensiblement constante quel que soit le débit de vapeur, tandis que dans les condenseurs à mélange ordinaires, d'après les essais de M. Compère, sur une machine Corliss du Creusot, il y a une différence constante entre la pression dans le condenseur et la pression de la vapeur, à la même température, quelle que soit cette température.

Ainsi se différencient bien nettement les deux systèmes de condenseurs.

En pratique, les éjecto-condenseurs peuvent assurer un vide de 65 *cm* de mercure pour une dépense d'eau condensante (à la température initiale de 12 à 15°) s'élevant à vingt-cinq fois environ le poids de vapeur à condenser.

Ces chiffres montrent que les éjecto-condenseurs peuvent soutenir la comparaison avec les condenseurs à injection, d'autant plus qu'ils n'ont pas besoin de pompe à air.

Communication de M. de Launay sur **les principes du captage des sources thermales.**

Il n'est point donné de résumé de cette communication qui sera publiée *in extenso*.

DISTRICT DU NORD.

Réunion du 10 mai 1902.

Visite des installations de la Compagnie des Mines de Bruay.

Le siège n° 5, qui a fait l'objet de la visite, comporte deux puits cuvelés en fonte sur 90 *m* de hauteur et maçonnés au-dessous. Leur diamètre est de 3,90 *m* dans le cuvelage et de 4,20 *m* dans la partie maçonnée. Les deux puits ont leurs axes à 47,82 *m* de distance. Dans chacun il y a un accrochage à 222 *m* et un autre à 335 *m*. L'un peut extraire 1 200 *t* par jour, l'autre 1 000. Le premier sert à l'entrée de l'air et le second à la sortie.

Les machines d'extraction, à distribution par soupape, ont des cylindres de 950 × 1 700 et la vapeur leur est fournie à 8 *kg* de pression par 10 chaudières semi-tubulaires de 250 m^2 de surface de chauffe chacune. Il y a pour l'aérage un ventilateur Mortier et un ventilateur Guibal actionnés chacun par une machine à cylindre de 550 × 700.

On emploie de l'air comprimé fourni par les deux compresseurs de 410 × 1 150 donnant chacun 10,3 m^3 d'air à 6 *kg* de pression par minute.

L'installation électrique comprend quatre groupes électrogènes dont le dernier, le plus intéressant est constitué par une turbine à basse pression, système Rateau, utilisant la vapeur d'échappement des machines d'extraction. Cette turbine tournant à 1 500 tours commande deux dynamos de 66 000 watts chacune, montées sur le même arbre.

L'installation électrique alimente 56 lampes à arc et 450 lampes à incandescence et une série d'électro-moteurs pour treuils, transbordeurs, broyeur à mortier, pompes, etc.

Il y a aussi une installation centrale de condensation et une cheminée de refrigération d'eau pour 350 m^3 d'eau à l'heure.

Communication de M. KUSS, Ingénieur en chef des mines sur **le traitement des minerais d'or dans l'ouest de l'Australie.**

L'auteur expose comment les procédés de traitement par cyanuration adoptés au Transvaal pour les minerais d'or ont dû être modifiés et perfectionnés à raison de la nature du minerai de l'Australie occidentale. On a dû recourir à l'emploi de filtres-presses pour remplacer la méthode des agitations et de cantations successives pour le traitement des slimes. On emploie aussi une porphyrisation aussi complète que possible des minerais. On peut admettre que la porphyrisation avec simple cyanuration donne une extraction voisine de 85 0/0 avec 15 sh. de frais spéciaux et le procédé Diehl et le grillage une extraction de près de 90 0/0 avec 25 sh. de frais spéciaux.

Communication de M. RATEAU sur **le régénérateur de vapeur et la turbine système Rateau.**

Le régénérateur se compose de trois capacités cylindriques en tôle contenant des godets en fonte, ces capacités communiquent d'une part avec les machines d'extraction et de l'autre avec la turbine à vapeur.

La masse de fonte qui pèse 40 *t*, condense la vapeur qui arrive en excès des machines d'extraction et, quand celles-ci sont arrêtées, regénère la vapeur en vaporisant l'eau condensée, de manière à assurer avec un échappement intermittent des machines d'extraction la marche continue de la turbine. Celle-ci est formée de 7 roues étagées de 0,90 *m* de diamètre; elle tourne à 1 600 tours et évacue au condenseur où règne un vide de 0,65 *m* de mercure.

Elle porte d'ailleurs un dispositif pour pouvoir en cas d'arrêt des machines d'extraction, marcher avec la vapeur provenant des chaudières, détendue à une pression convenable.

Communication de M. Leroyer sur **les lampes de sûreté à benzine.**

Ces lampes sont du type Marsaut à double tamis et à cuirasse mobile. Avec l'emploi de précautions convenables pour le remplissage et l'emmagasinement de la benzine, la sécurité est complète. Le pouvoir éclairant est renforcé, les mèches ne charbonnent pas; la lampe décèle 1/2 0/0 de grisou et, comme elle est pourvue d'un rallumeur, l'ouvrier n'est pas tenté de l'ouvrir, ce qui fait disparaître une cause de danger. La dépense n'est pas plus élevée qu'avec l'huile, elle serait plutôt légèrement inférieure.

Visite de la fosse n° 1 des mines de Bruay.

L'attention des visiteurs a surtout été attirée par un évite-molettes électrique et une lampisterie électrique. Le premier appareil consiste dans la commande d'un obturateur de vapeur et du frein de la machine d'extraction par la cage lorsqu'elle dépasse de 2 *m* la recette supérieure.

La lampisterie électrique a son installation prévue pour 500 lampes en service journalier.

Ce sont des lampes du type Meu-Catrice, construites par la Société d'éclairage et d'applications électriques d'Arras, pouvant donner, au voltage moyen de 3,9 volts, un débit de 0,8 ampères pendant 10 heures, les accumulateurs sont réunis à la lampe par des fils souples, la lampe complète pèse 2,8 *kg* environ.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 26. — *28 juin 1902.*

Recherches sur les moteurs à gaz, par E. Meyer.

Exposition de Dusseldorf. — Appareils pour les mines et la métallurgie mus par la vapeur, par H. Dubbel *(suite).*

Exposition universelle de Paris en 1900. — Machines agricoles, par H. Gründke *(suite).*

Nouvelle grue à manœuvre électrique.

Entrepôts Schmoller et C[ie], à Francfort-sur-le Mein, par W. M. Lehnert.

Groupe de Dresde. — La vapeur surchauffée, ses propriétés et ses applications.

Groupe du Rhin inférieur. — Fabrique de plaques en mosaïque de Ransbach.

Revue. — Feu-flottant le *Sandettie.* — Classification décimale. — La 20 000e locomotive sortie des ateliers Baldwin.

N° 27. — *5 juillet 1902.*

Élasticité des différentes parties d'une courroie de transmission, par C. Bach.

Les locomotions actuelles au point de vue de l'Exposition de Paris en 1900, par E. Brückmann *(suite).*

Recherches sur les moteurs à gaz, par E. Meyer *(suite).*

Nouveautés dans le domaine des manomètres à ressorts, indicateurs et soupapes de Dreyer, Rosenkranz et Droop, par P. H. Rosenkranz.

Théorie du procédé Bessemer, par F. Fischer.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Démolition d'une cheminée aux vieux ateliers de la fabrique de machines de Nüremberg.

Bibliographie. — Poudres et Explosifs, par J. Daniel. — Activité du bureau impérial des patentes et influence de législation sur les patentes d'invention sur le développement de l'industrie allemande de 1891 à 1900. — Préservation des accidents de chaudières, par C. Neidepriem, P. Hosemann, K. Specht et C. Zimmermann.

Revue. — Nouveaux ateliers de la maison F. Krupp pour le travail des grosses pièces de machines et de navires.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :
A. MALLET.

Le Gérant, Secrétaire administratif,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 14118-7-02. — (Encre Lorilleux).

- FOU

E

B

A

FOURS A COLOGNE

e transversale

G.

F

E

Fig

Vue en bout

B

A

1

2 600

L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

ransvers

1455

Eau de refroidis

12

DISPOSIT

ante d'Obe

Deutz de 100

120 tours

ale



TMA

a

K

L

(-100)
kg (au
kg. (a
kg. (a
gement d

ent pour
kg.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'AOUT 1902

N° 8

CONCOURS INTERNATIONAL

DE MOTEURS ET APPAREILS UTILISANT L'ALCOOL DÉNATURÉ

I

APPAREILS D'ÉCLAIRAGE ET DE CHAUFFAGE

PAR

M. G. ARACHEQUESNE (1)

L'Exposition des appareils utilisant l'alcool dénaturé, organisée par les soins du Ministère de l'Agriculture, du 24 mai au 1er juin 1902, est un triomphe véritable pour les emplois de l'alcool dénaturé à l'éclairage et au chauffage; il suffit d'avoir pénétré dans la salle des fêtes, rendue obscure, impénétrable aux rayons solaires, mais éclairée par les nombreuses lampes à alcool exposées, pour constater l'impression non seulement des connaisseurs, mais encore du grand public. C'est là un succès dont nous tenons à féliciter tout d'abord les organisateurs de l'exposition, les collaborateurs de M. Jean Dupuy, qui ont si bien fait pour mettre en évidence la supériorité de l'alcool, c'est-à-dire d'un des principaux produits d'une industrie agricole française, capable en bien des cas de remplacer le produit minéral étranger qu'est le pétrole.

Or, c'est là une vérité qu'il a été fort difficile de faire admettre en France, et nous pouvons dire que, sans le puissant appui apporté à cette cause nationale par M. Jean Dupuy, grâce aux expositions de novembre 1901 et de mai 1902, la possibilité de l'éclairage par l'alcool serait encore très discutée. Aujourd'hui, la question est résolue; nous avons seulement à discuter sur les meilleures solutions apportées au problème, tant au point de

(1) Visite de la Société des Ingénieurs Civils de France, le 31 mai 1902, à la deuxième Classe.

vue de l'économie que de la sécurité des appareils brûlant l'alcool dénaturé.

L'exposé des résultats obtenus par les membres du Jury de la deuxième classe, présidée par M. Violle de l'Institut, sera prochainement mis sous les yeux de tous, dans un rapport dont la rédaction a été confiée à M. Lindet, de l'Institut agronomique, rapport qu'il convient de ne pas déflorer par des indiscrétions. Pourtant nous croyons pouvoir dire que ce qui a surtout frappé le jury de la deuxième classe du concours de mai, ce sont moins les nouveautés — elles sont très rares et peu au point — mais surtout les très nombreux perfectionnements apportés dans la construction des appareils qui avaient déjà été présentés au concours de novembre dernier.

Certaines économies de consommation du combustible vraiment considérables, puisqu'elles atteignent presque 30 0/0, ont été réalisées par certains constructeurs de becs d'éclairage. La sécurité contre les dangers d'incendie et d'explosion est considérablement augmentée dans la plupart des appareils, tant d'éclairage que de chauffage; il serait même permis de dire que cette sécurité est absolue, dans tous les appareils ayant reçu les plus hautes récompenses, si l'on n'était obligé de compter avec les inconnues, surtout avec les imprudences inévitables des domestiques. Mais il n'est nullement prématuré de certifier que, dès maintenant, les appareils à alcool présentent moins de dangers d'explosion que le gaz ou l'essence de pétrole, qu'en cas d'accident l'incendie est infiniment plus facile à éteindre que par le pétrole lampant, car l'alcool s'éteint avec de l'eau, que toute cuisinière a toujours sous la main, tandis que le feu du pétrole nécessite l'emploi du sable, généralement absent des cuisines ou des appartements.

Encore une petite indiscrétion, qui mettra en relief l'importance que peut prendre l'alcool à brûler dans notre production agricole française : d'après des chiffres demandés aux divers concurrents, chiffres vérifiés le plus souvent sur livres comptables, il a été vendu, en France, environ 40 000 (quarante mille) becs d'éclairage, par l'alcool, depuis octobre 1901, dont 90 0/0 depuis l'ouverture de l'exposition de novembre au Grand-Palais des Champs-Élysées! C'est là un résultat fort appréciable si l'on songe qu'un bec à alcool brûle en moyenne 100 *l* d'alcool par hiver. — Cette moyenne a été établie sur environ 150 lampes diverses fournies et alimentées par notre collègue M. Beauvais,

distillateur et dénaturateur à Tonnerre — il y a des becs intensifs à grande puissance lumineuse capables d'absorber quatre à cinq fois cette quantité d'alcool, alors que les petits becs domestiques se contentent de moitié de ce chiffre. On peut donc estimer entre 35 et 40000 *hl* l'augmentation de la consommation d'alcool dénaturé due au seul éclairage.

Le jury aurait voulu procéder à une enquête similaire relativement aux réchauds à alcool, ce qui a été facile pour les réchauds perfectionnés, dont le chiffre de vente a atteint plus de 8000 exemplaires des divers modèles; mais il lui a été impossible d'oser même fixer un chiffre approximatif sur la quantité d'alcool consommée par ces appareils. En effet, à côté des réchauds perfectionnés il y a toute une série de réchauds à bon marché, d'articles de bazars, dont le plus vendu est encore la vieille lampe à mèche à esprit de vin dont les fabricants, se trouvant trop dans le domaine public, ne se sont pas présentés au concours; or, il est à prévoir que c'est ce gros bataillon de petits brûleurs qui doit consommer le plus. Tout ce que l'enquête nous a permis de savoir est que la vente de ces articles est fort prospère dans les bazars depuis l'abaissement du prix de vente de l'alcool dénaturé.

Bientôt les statistiques officielles de la Régie nous permettront de préciser plus exactement l'augmentation réelle des emplois domestiques de l'alcool. Le principal pour nous, au début de cette étude rapide, est de constater l'élan donné par les expositions, qui ont initié le public à cette question si importante pour l'industrie de la distillerie, pour l'agriculture et pour la viticulture.

Nous n'avons certes pas encore rattrapé les Allemands qui, l'an dernier, sont ainsi parvenus à brûler plus d'un quart de leur production totale d'alcool, soit 1 121 000 *hl;* mais n'est-ce pas une consolation de constater que nous avons fait un grand pas en avant? En outre, l'examen du palmarès et la visite que nous allons faire aux divers appareils nous prouveront que l'industrie française pour la fabrication des becs d'éclairage ou de chauffage par l'alcool n'est pas restée en arrière de l'industrie allemande, que même elle la devance presque toujours par la perfection de la construction, l'économie de combustible et l'élégance des modèles.

Principes généraux des appareils de chauffage et d'éclairage par l'alcool.

Qu'il s'agisse d'éclairage ou de chauffage, il faut avant tout brûler l'alcool, ce qui n'est pas difficile; mais nous apercevons de suite deux principes différents :

A. — *Inflammation directe de l'alcool liquide;*

B. — *Inflammation de l'alcool préalablement gazéifié.*

Nous allons passer successivement en revue les appareils se rapportant à ces deux grandes classes, mais en constatant tout d'abord que, dans un cas comme dans l'autre, tout au moins lorsqu'il suffit d'obtenir des températures relativement basses, on arrive à une consommation égale d'alcool pour amener 1 *l* d'eau à l'ébullition, toutes les fois que l'appareil est suffisamment bien construit pour parer à la combustion incomplète qui se traduit, le plus souvent, par la production d'aldéhyde (1). Cela est, d'ailleurs, parfaitement conforme à la théorie.

Appareils de la classe A.

Les appareils comportant l'inflammation directe de l'alcool peuvent eux-mêmes se subdiviser en trois sections :

a) Récipients ouverts ou coupelles, où l'on enflamme directement l'alcool;

b) Récipients clos où l'on enflamme l'alcool à l'extrémité d'une mèche de coton;

c) Récipients où l'on enflamme l'alcool préalablement absorbé par une matière poreuse, ou solidifié (?)

Section *a*. — L'idée de brûler directement l'alcool versé dans une soucoupe placée sous le vase à chauffer ou dans une gouttière métallique ménagée autour de ce dernier est certainement

(1) L'aldéhyde, à défaut de réactifs plus précis, se reconnaît assez facilement en ce qu'elle absorbe la fumée de tabac en se combinant avec les ammoniaques composées de cette dernière. C'est le principe des brûleurs X et Y, ozoniseurs ou ozonateurs, assainissant soit disant les appartements et, dans ce cas, en effet, l'aldéhyde peut rendre quelques services en faisant disparaître les odeurs. Mais il ne faut pas oublier que la respiration prolongée de l'aldéhyde amène l'ivresse sans qu'on s'en doute, cette ivresse se manifestant surtout, et de façon brusque, lorsqu'on passe du chaud au froid. C'est là un phénomène connu des distillateurs, et qui s'est produit également à l'origine avec des lampes à alcool imparfaites. Donc se méfier des lampes que leurs vendeurs qualifient d'hygiéniques et absorbant toute mauvaise odeur!

la plus ancienne de toutes les applications; mais on conçoit de suite que, si la coupelle est un peu large, le centre de la flamme est privé d'air, il s'y dégage, non seulement de l'aldéhyde, mais encore de la vapeur d'alcool non brûlé lorsque le liquide est à l'ébullition. C'est l'expérience du bol de punch ou de l'omelette au rhum. On a pourtant trouvé le moyen de perfectionner ce primitif appareil par deux ingénieux procédés.

Dans l'un, la coupelle — en fonte généralement — est portée sur trois pieds et percée de sept à neuf trous dans lesquels s'engagent des tubes en laiton montant à hauteur des rebords de la coupelle. Ces tubes forment des cheminées d'appel d'air, grâce auxquelles la combustion est à peu près parfaite, s'il n'y a pas d'autre part de trop violents courants d'air extérieurs. Ces menus réchauds sont très simples, peu dangereux à cause de leur faible volume et fort peu coûteux, mais non réglables, on le conçoit.

Un second procédé, tout aussi économique, permet d'obtenir

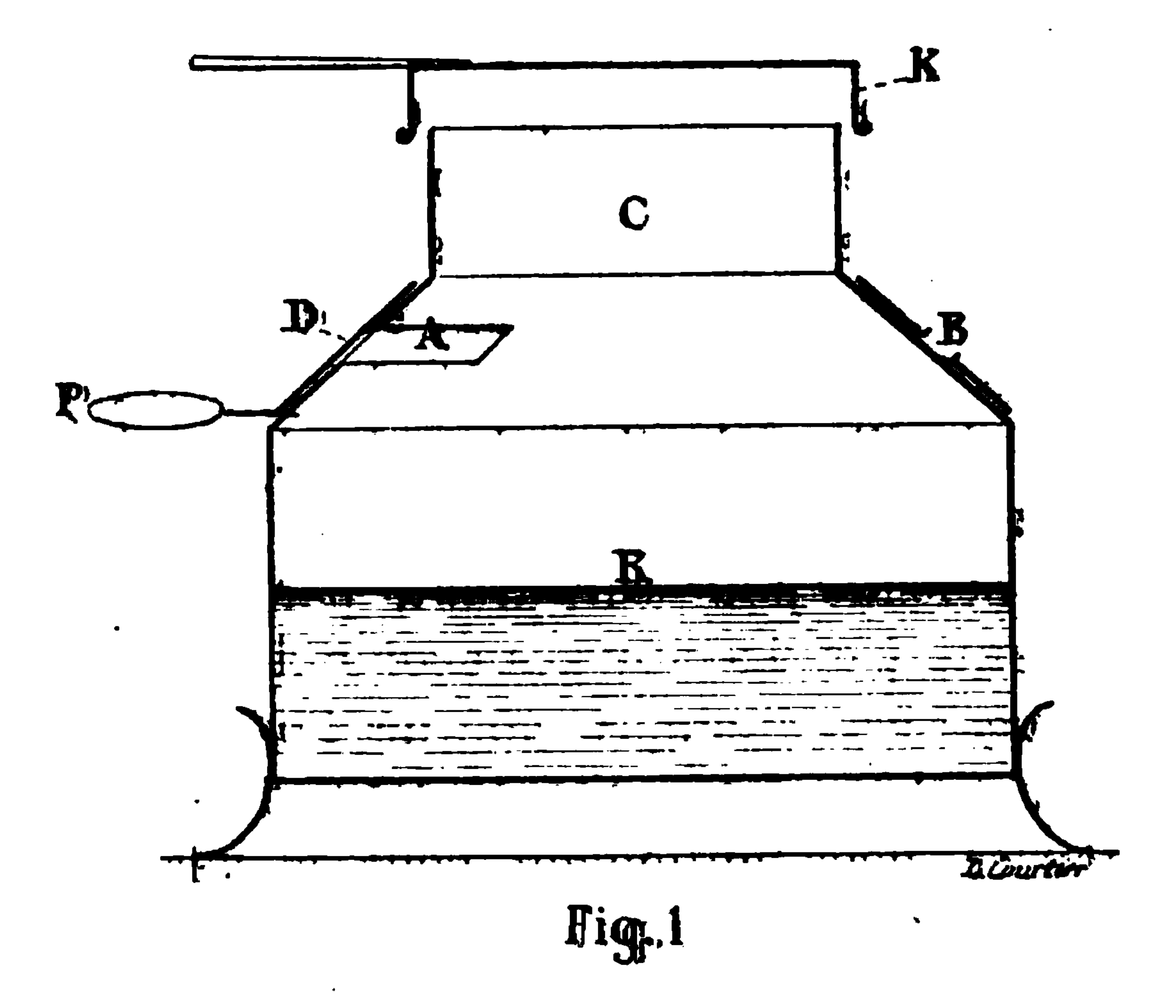


Fig. 1

un réglage... relatif par un procédé assez amusant par sa simplicité. Le réservoir d'alcool R (*fig. 1*), en cuivre jaune embouti, est surmonté d'une cheminée C par l'intermédiaire d'une partie conique où se trouve aménagée une fenêtre A. Un second cône D portant semblable fenêtre B s'emboite exactement sur celle-ci, et peut-être tourné à l'aide d'une petite poignée P. On remplit à moitié d'alcool la partie cylindrique du réservoir R et l'on allume. La combustion est assez faible et la flamme peu chauffante; mais vient-on à mettre en regard les fenêtres A et B par rotation du cône D, l'air pénètre en plus ou moins grande abon-

dance, la flamme augmente d'intensité et de température. Pour éteindre, on ferme l'entrée latérale d'air et l'on met le couvercle K.

Section *b*. — Les appareils de chauffage à mèche de coton sont trop connus pour qu'il y ait lieu d'insister sur leur construction, depuis le réchaud ordinaire à mèche pleine jusqu'à la lampe de laboratoire à mèche ronde de Berzélius.

Pour les réchauds à mèches pleines il n'y a rien de particulier à signaler si ce n'est d'éviter les réchauds à trop grosses mèches qui présentent alors le défaut de la combustion incomplète. Il importe aussi de signaler que pour parer aux explosions, dues le plus souvent à l'échauffement du réservoir par suite du rayonnement du fond des casseroles, certains constructeurs ont eu la précaution d'interposer à mi-hauteur, entre le réservoir et le haut de la mèche, un disque écran qui arrête ce rayonnement.

Le type à mèche ronde est le plus anciennement appliqué à l'éclairage puisque, dès 1833, on chercha à l'employer en carburant l'alcool à l'aide de résine, d'essence de térébenthine et d'huile de schiste. Ce mode d'éclairage était enseigné, vers 1840, dans les cours de Payen à l'École Centrale, puis il fut totalement abandonné lors de l'introduction du pétrole en 1862; seul le procédé dit gazogène Robert lui avait survécu. Il vient d'être repris, avec la benzine pour carburant, par divers inventeurs, mais il ne présente pas d'avantages économiques sur le pétrole. Son seul avantage est la suppression de l'odeur et du suintement; on ne saurait encourager ces tentatives que pour les petites lampes trotteuses, mais nullement pour le véritable éclairage dont l'économie est due principalement à l'application de l'incandescence.

Le type de lampes à mèches dit Berzélius ne semble pas avoir fait de progrès pour le chauffage; mais, par contre, il a reçu récemment diverses applications fort similaires, de la part de divers constructeurs, à l'éclairage par incandescence. Réservoir et bec sont sensiblement le type de la lampe d'éclairage à pétrole à mèche ronde, mais avec une entrée d'air au centre du tube porte-mèche, puis, au-dessus de la mèche, un dispositif spécial de la galerie porte-verre permet de placer un manchon à incandescence au-dessus de la flamme. Les différents modèles Schuster et Baër, de Berlin, de la Société Auer, le bec ***Emka***,

qui ont été exposés, ne diffèrent que par le plus ou moins d'ingéniosité de manœuvre de la galerie porte-verre et manchon.

On avait fondé de grandes espérances sur ce nouveau type d'éclairage par l'alcool, lors de son apparition en janvier dernier au concours de Berlin, à cause d'une qualité merveilleuse que possède seul ce type de lampe : savoir, allumage immédiat, incandescence instantanée. Par malheur, cet avantage est compensé par d'autres graves inconvénients. Pour obtenir les températures élevées indispensables à l'incandescence, il a fallu, pour assurer le tirage d'air, avoir recours à des cheminées en verre très hautes, ce qui fait qu'en fin de compte on dépense sensiblement le double d'alcool à lumière égale que dans les types d'éclairage que nous verrons plus loin. Enfin, si l'allumage est instantané, le réglage définitif de la mèche pour obtenir un bon rendement, ou pour éviter un dépôt de charbon sur le manchon, demande quelques minutes, comme dans l'ancienne lampe à huile et à modérateur. Il y a là une tentative très intéressante, mais qui demande encore à être perfectionnée.

Section *c*. — Dans les appareils de cette section, l'alcool est préalablement absorbé soit par des pierres poreuses, soit par des épongés ou des feutres garantis contre la flamme par une toile métallique. C'est le système de la coupelle, moins les dangers de renversement, et cela a donné lieu à une foule de petites combinaisons ingénieuses de cafetières, chauffe-fers à friser, à onduler, appareils à cuire les œufs à la coque, etc., à la construction desquels excelle notre bimbeloterie parisienne; c'est à cause de cela, surtout, que cette section d'appareils mérite d'être signalée.

Pour obtenir le même résultat, d'autres inventeurs (?) ont recherché ce que l'on appelle l'alcool solide. Le plus ancien procédé en date fut inventé, non pas dans le but du chauffage, mais dans un but de fraude. En faisant dissoudre dans l'alcool chaud — à 60-65° environ — 20 0/0 de son poids de savon bien sec, la masse se reprend à l'état solide en refroidissant en dessous de 30°. On voit de suite quel parti en tirèrent les fraudeurs qui, il y a quelques vingt ans, imaginèrent ainsi de faire franchir à l'octroi de Paris quelques milliers de kilogrammes d'alcool sous forme de savon de Marseille. Depuis, l'idée a été reprise avec l'alcool dénaturé pour le chauffage des menus appareils, non sans succès pour les voyageurs. On peut, en effet, transporter

l'alcool ainsi solidifié et coupé en cubes dans de petites boites en fer-blanc, sans crainte de bris de bouteilles ni de répandage d'alcool.

Un autre procédé de solidification est encore employé, c'est celui par la nitro-cellulose. On commence par préparer le collodion classique avec une cellulose aussi peu nitrée que possible, puis, de ce mélange on extrait l'éther par évaporation à basse température. L'alcool et la nitro-cellulose restante se prennent en gelée que l'on débite en petits cubes pour la vente.

Appareils de la classe B.

Les appareils brûlant l'alcool préalablement amené à l'état de vapeur sont, en réalité, de véritables appareils à gaz, dans lesquels l'usine à gaz et la canalisation sont remplacées par une petite chaudière où se gazéifie l'alcool. Nous allons y retrouver tous les dispositifs employés pour le gaz : les rampes droites ou en couronne, et les becs à appel d'air ou Bunsen.

Ce qui distingue ces derniers appareils est le mode d'alimentation de la petite chaudière où se gazéifie l'alcool, soit par mèches, soit par pression ; et surtout le mode de chauffage de cette chaudière. C'est même ce mode de chauffage qui va nous permettre de diviser les appareils de cette classe en quatre sections :

d) Appareils où l'alcool est gazéifié par veilleuse permanente ;

e) Appareils où l'alcool est gazéifié par une flamme dérivée ;

f) Appareils où l'alcool est gazéifié par sa propre flamme ;

g) Appareils où l'alcool est gazéifié par récupération par conductibilité.

Section *d.* — Tous les appareils à veilleuse permanente sont alimentés par mèches avec réservoir d'alcool inférieur, et il est facile de concevoir qu'en donnant à la flamme veilleuse une intensité plus ou moins grande, on obtiendra une volatilisation d'alcool plus ou moins grande. C'est un procédé de réglage de l'intensité de la flamme principale. Ce dispositif a donné lieu à de nombreux modèles, tant d'appareils de chauffage que d'éclairage, tant dans les articles à très bon marché que dans les appareils plus soignés. Au nombre de ceux-ci nous citerons tout d'abord le *bec préféré* de la Société continentale nouvelle dont la figure 2 représente la coupe verticale.

Les mèches M, enfermées dans deux douilles méplates, dont la coupe horizontale représenterait assez exactement la coupe longitudinale d'un haricot, débouchent dans la chaudière C et y amènent l'alcool dénaturé ; ces mèches doivent, comme d'ailleurs celles qui, dans les lampes suivantes, ont la même destination, être très serrées, surtout à leur partie supérieure, de façon à éviter les effets fâcheux de la contrepression. Au-dessous de la chaudière est une petite mèche *m*, formant veilleuse, qui ne cesse de brûler, mais qui, mobile dans sa douille de laiton, peut s'approcher plus ou moins de la chaudière. Cette veilleuse permanente facilite, du fait de l'échauffement de la chaudière, l'ascension de l'alcool et assure la gazéification. Le gaz sort violemment par l'injecteur I, entraîne l'air nécessaire à sa combustion et vient brûler à l'extrémité B du bec, au contact d'un manchon Auer. L'allumage s'exécute en deux fois; on allume tout d'abord la veilleuse et, une minute après, on présente l'allumette à la partie supérieure du verre qui entoure le bec et on enflamme le gaz d'alcool comme on enflamme du gaz ordinaire.

La *lampe Régina* — ancien modèle — est fort analogue *(fig. 3)*; les tubes porte-mèches M montant l'alcool à la chaudière C sont cylindriques.

Ces lampes, lorsqu'elles sont bien réglées, donnent d'excellents résultats tant en service courant qu'aux essais photométriques. Mais souvent, pour accélérer l'allumage, on monte trop haut la veilleuse et la lampe consomme beaucoup trop d'alcool, en pure perte puisque le manchon ne donne pas plus d'incandescence que par un bon réglage.

SECTION e. — C'est pour remédier à cet inconvénient que certains constructeurs ont abandonné la veilleuse et l'ont remplacée par une flamme dérivée amenée de la chaudière C par un petit tube de cuivre H *(fig. 4)*. L'allumage, la mise en pression de la chaudière, se fait alors à l'aide d'une topette imbibée d'alcool. Tel est le nouveau bec Régina de M. Posno, peut-être un peu moins économique au photomètre que les précédents, lorsqu'ils sont

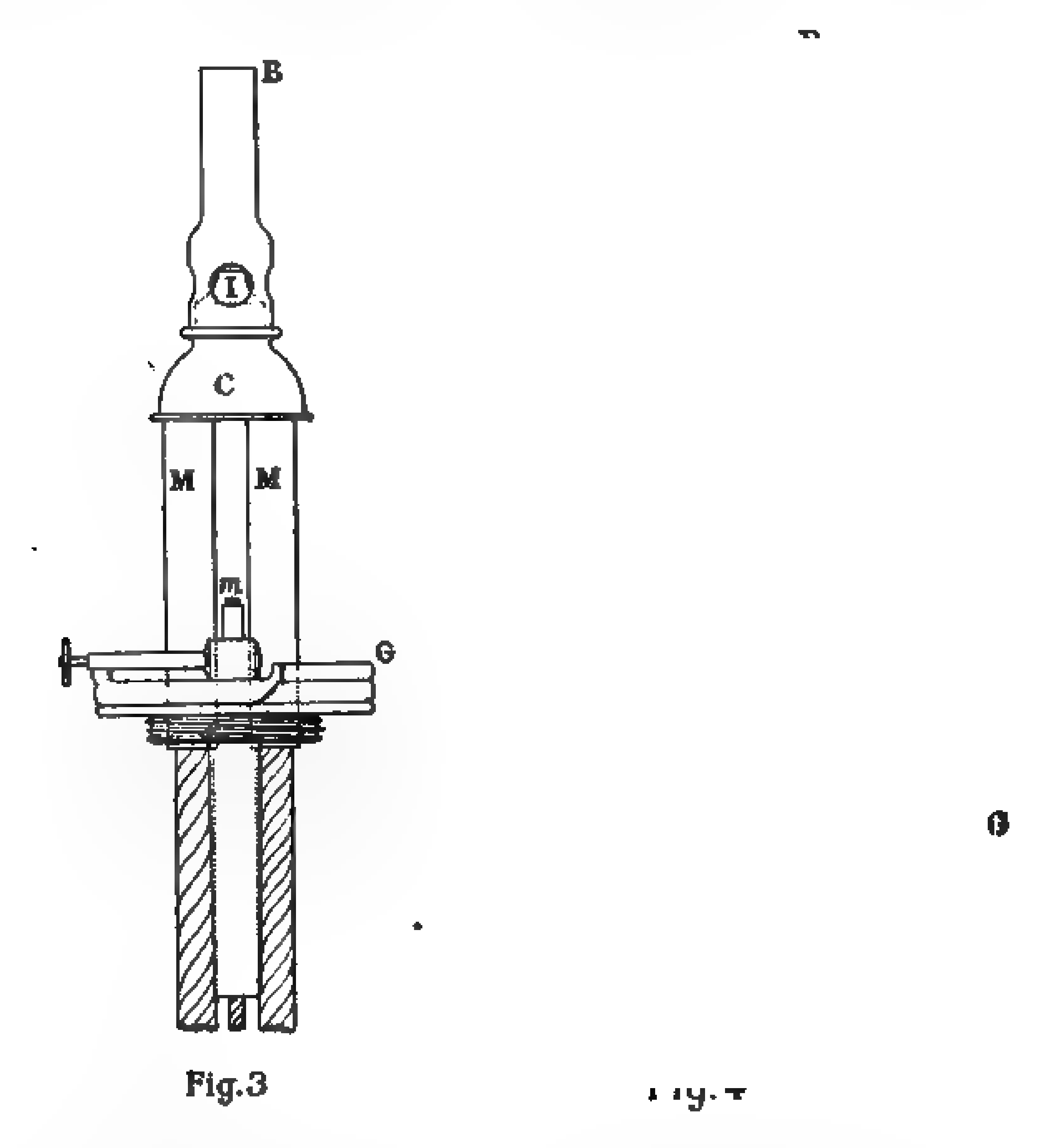


Fig.3

bien réglés, mais qui, pratiquement, évite le gaspillage d'alcool par des mains peu soigneuses ou inexpérimentées.

La même maison, sous le nom de *Polo*, vend également un réchaud où l'alcool est gazéifié par une flamme dérivée *(fig. 5)*. L'appareil se compose d'un réservoir cylindrique à alcool, sur la périphérie duquel se dresse une douille méplate M, de laiton ; celle-ci contient une mèche d'amiante *m*, alimentée par une mèche de coton *m'*, et porte à sa partie supérieure, dirigée vers le

centre du fourneau, un injecteur I, réglé par un pointeau R. Si l'on vient à échauffer la partie supérieure de la mèche, l'alcool s'y volatilise et s'échappe par l'injecteur sous forme de jet de gaz. Ce jet est recueilli dans un tube de laiton, disposé presque horizontalement, et formant Bunsen B. Celui-ci alimente une couronne percée de trous C, qui vient toucher sur ses deux côtés méplats la douille M dont il a été parlé plus haut. Pour allumer

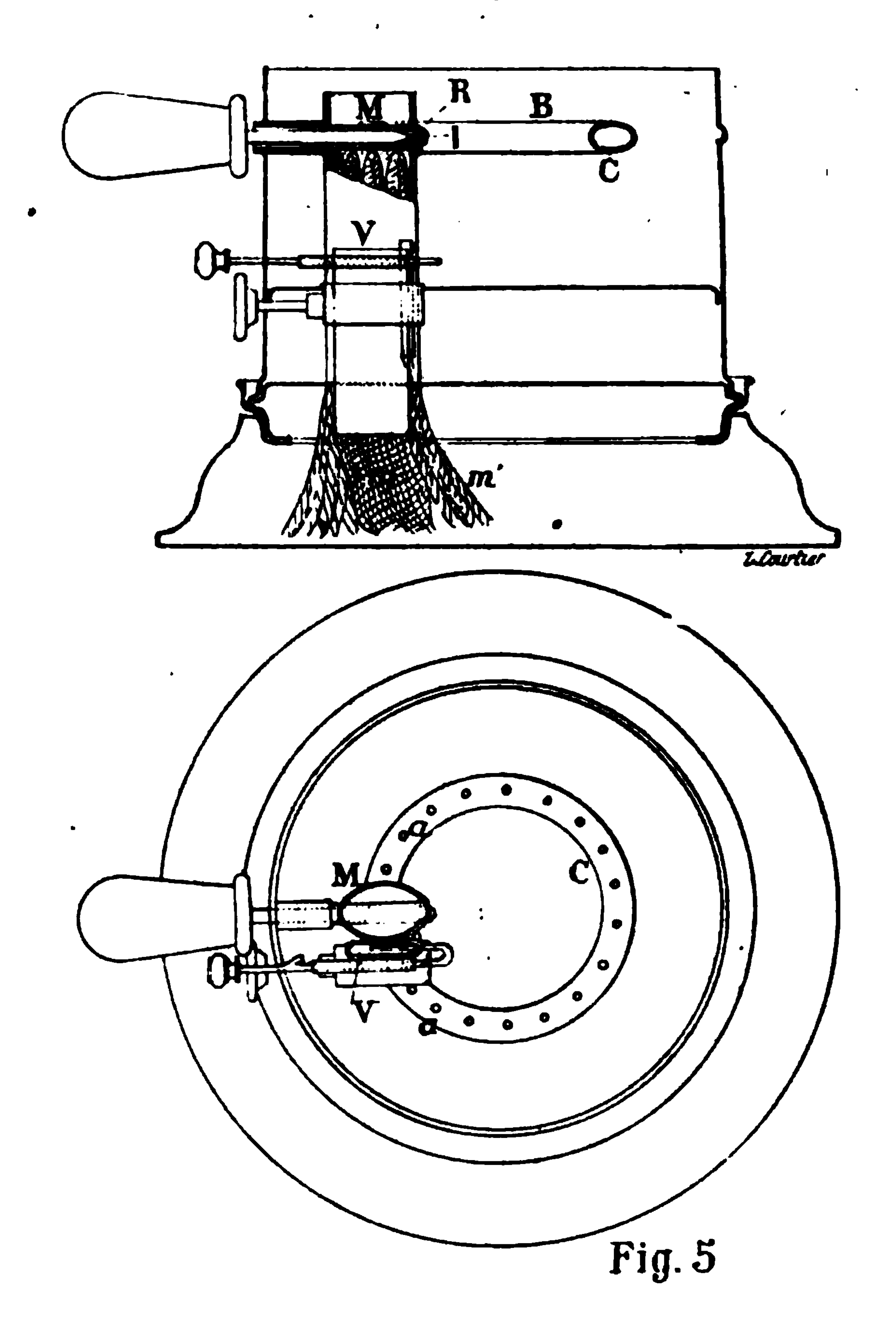


Fig. 5

ce fourneau, on échauffe au moyen d'une petite veilleuse V, placée contre la douille, l'extrémité de la mèche M, et que l'on éteint dès que la couronne circulaire est en feu. La chaleur nécessaire à la gazéification se maintient, grâce à deux jets de flamme *a*, pris sur la couronne même et dirigés contre la douille méplate. Le débit du réchaud se règle très aisément en tournant le robinet pointeau, la gazéification de l'alcool dépendant de l'orifice de ce robinet et de la hauteur des flammes dérivées.

En surmontant cet appareil d'une caisse cylindrique en métal, on peut le transformer en meau calorifère, qui manque, il est vrai, de dégagement pour les gaz de combustion.

Section *f*. — Les appareils où l'alcool est gazéifié par sa propre flamme sont les plus nombreux, au moins en tant que réchauds réglables, dont nous prendrons pour type le réchaud construit par notre collègue P. Barbier. L'alcool, légèrement en charge dans un réservoir, descend à travers un tube bourré de mèches métalliques (ou d'amiante dans certains systèmes) en traversant la flamme; la vapeur ainsi produite entraîne avec elle, par un éjecteur, une certaine quantité d'air et va brûler en couronne de gaz. Un robinet pointeau permet de régler l'intensité de

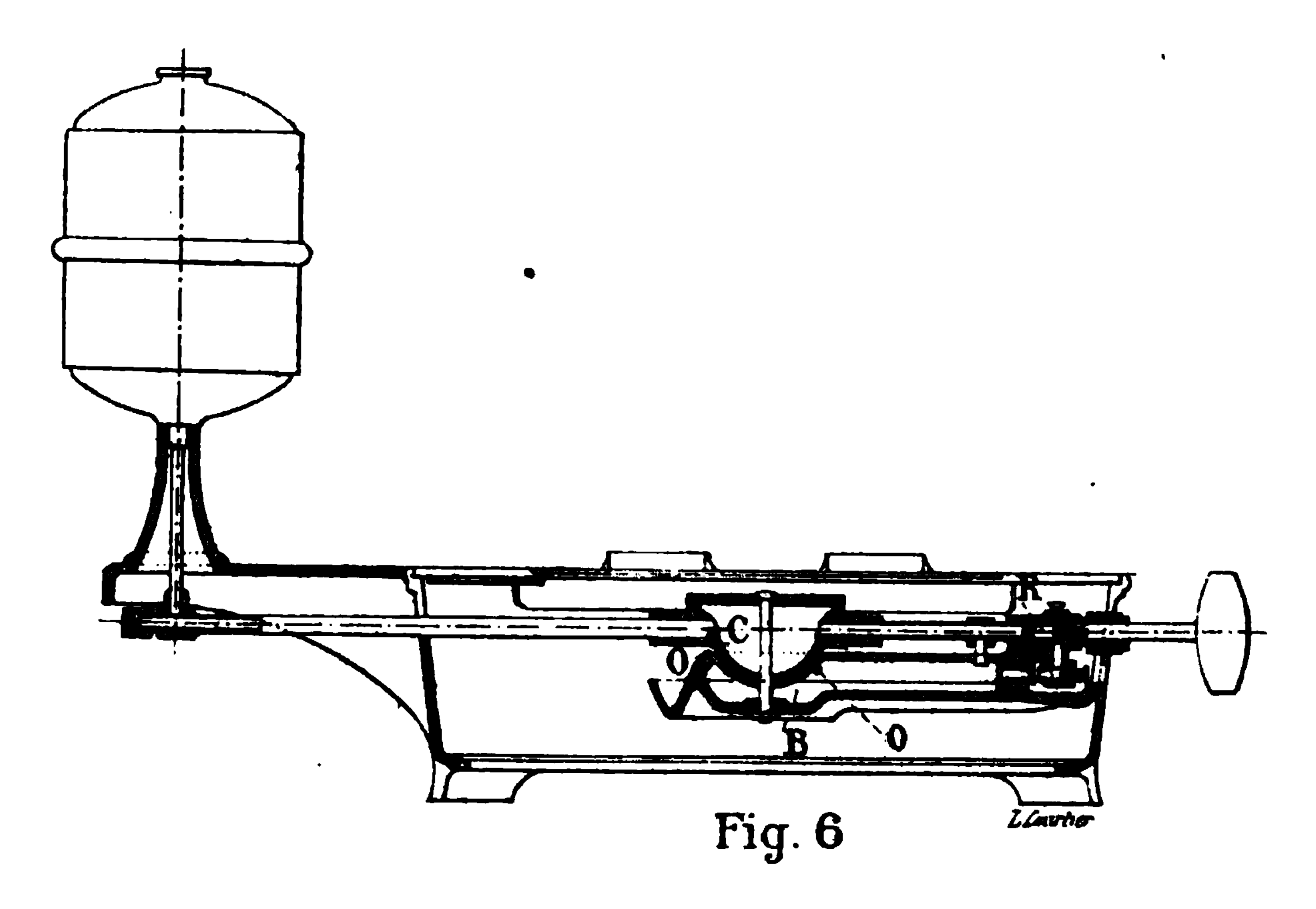


Fig. 6

la flamme suivant les besoins. La figure 6 montre la coupe de ce réchaud dit « le Réglable ».

Pour l'allumage de ces réchauds, il faut tout d'abord échauffer la chaudière et, pour cela, une petite coupelle B est disposée sous le brûleur proprement dit. En ouvrant le robinet-pointeau, on y laisse couler un peu d'alcool, on referme le pointeau, puis on allume. L'alcool contenu dans le tube se volatilise, une partie est refoulée dans le réservoir et, en ouvrant le pointeau, on arrive à la flamme réglable en une à deux minutes.

Ces réchauds sont fort pratiques et peuvent se combiner en fourneaux de cuisine. On leur a pourtant reproché de présenter certaines causes de danger à cause du réservoir en charge, au cas où, par exemple, un violent courant d'air viendrait à éteindre

la flamme en laissant le pointeau ouvert. Il est évident qu'il y a là une cause de danger, l'alcool se répandrait; mais n'en est-il pas de même avec le gaz en pareil cas? Ce défaut du réservoir en charge n'est pas irrémédiable et nous en verrons un exemple plus loin dans le chauffe-fer à repasser.

Pour les becs d'éclairage, nous en avons de nombreux exemples dans cette section dont les becs : Washington, Kornfeld, Monopole, 1900, Simplex, etc.

La lampe Washington (*fig.* 7), dont plusieurs modèles éclairent le dôme de la grande salle des fêtes, est une lampe à grande intensité dont le réservoir, indépendant de la lampe, est relié à celle-ci au moyen de tubes capillaires en cuivre offrant toute sécurité. L'alcool est refoulé par l'air comprimé dans ces réservoirs à une pression de 2 *kg* environ, et arrive par le tube J dans la lampe, une clef L permettant le réglage. L'alcool monte alors dans le tube A où il est volatilisé par la chaleur des deux brûleurs B et B'; arrivée en P, la vapeur entraîne avec elle l'air par des prises perpendiculaires au dessin; le mélange passe ensuite par C, puis par les tubes D en s'échauffant et en se brassant pour arriver aux brûleurs BB surmontés de manchons.

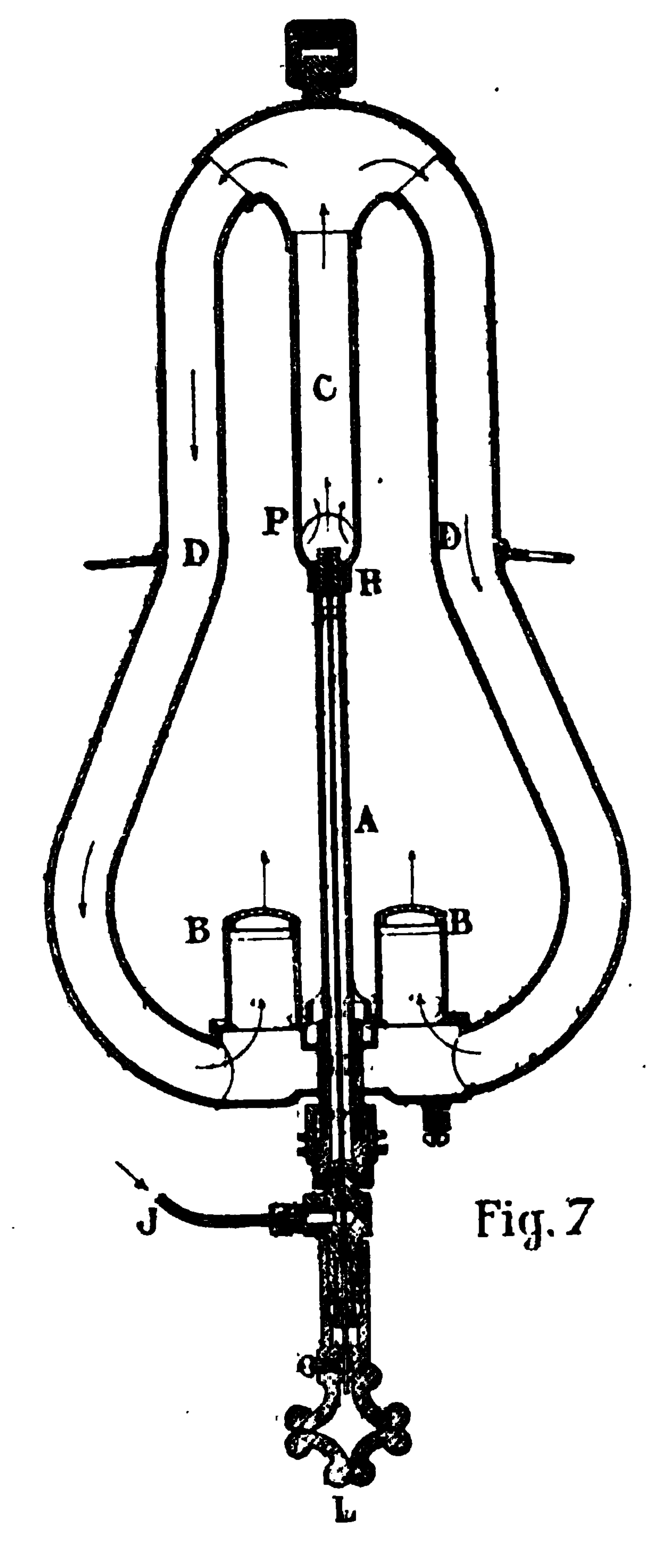


Fig. 7

Dans certains modèles, ces manchons sont au nombre de trois. On arrive ainsi à des intensités de 600 bougies avec une dépense d'environ 1,5 *g* par bougie-heure ou alcool dénaturé ordinaire, ou de moins de 0,5 *g* avec l'alcool carburé à 50 0/0.

Des résultats analogues sont obtenus avec la lampe Impériale russe de M. Kornfeld (*fig.* 8) à un seul manchon de grande puissance. L'alcool arrive en J, se volatilise dans le tube A que l'on

échauffe tout d'abord par la coupelle d'allumage G, aspire l'air et se mélange à lui dans le tube D et vient ainsi au brûleur B; L est la clef de réglage.

Ces deux lampes ont rendu de grands services lors des courses d'automobiles du circuit du Nord, c'est elles qui ont éclairé les

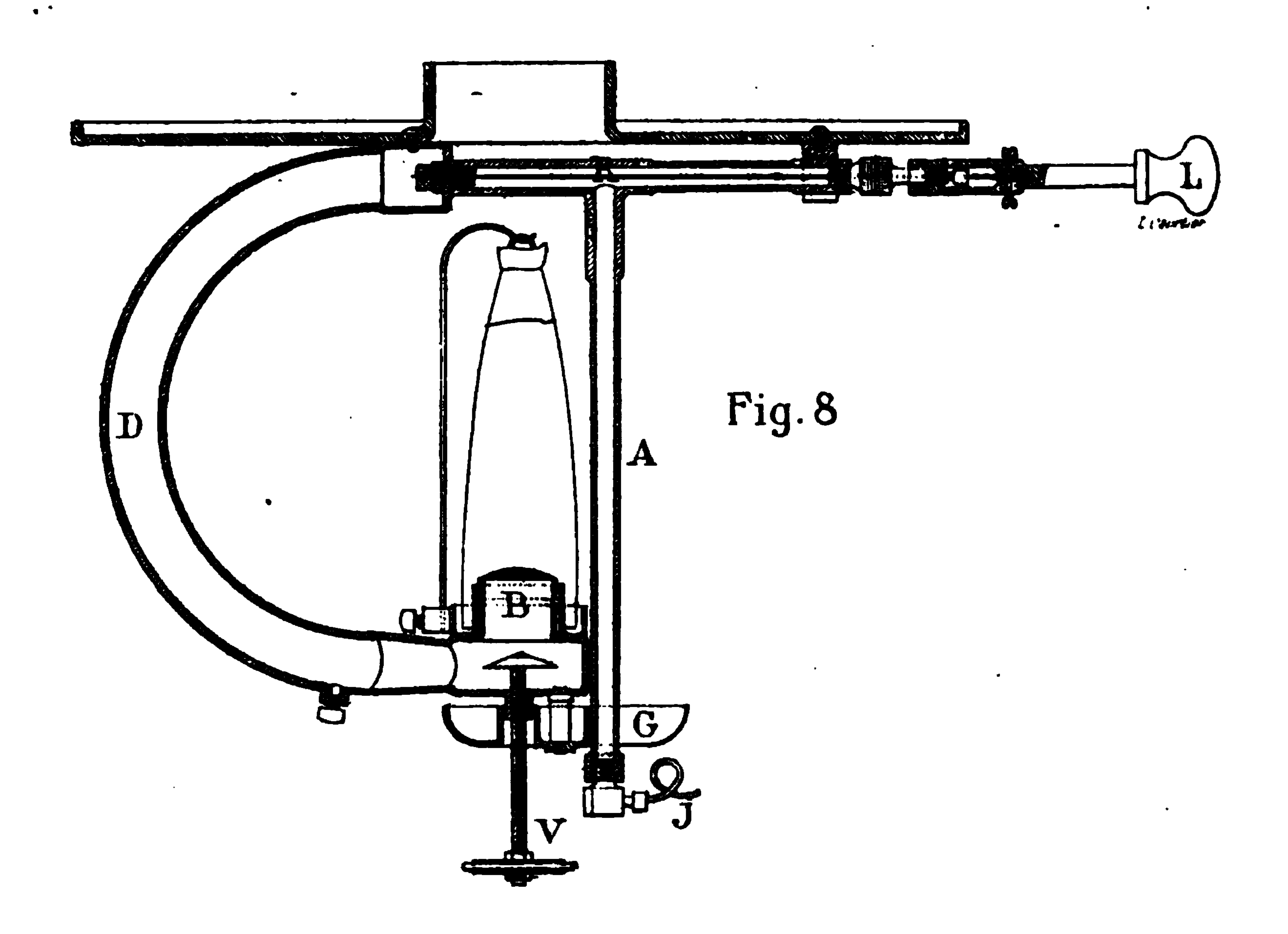


Fig. 8

départs, les garages et les arrivées. Leur rapidité d'installation et leur puissance en font un moyen d'éclairage précieux pour les grands travaux.

Le *bec 1900 (fig. 9)*, de la Société Continentale, nécessite également l'alcool en charge (environ 1 *m* de hauteur d'eau). L'alcool pénètre dans le tube A bourré de mèches métalliques, pénètre dans la chaudière S placée en pleine flamme, sort par l'éjecteur I où il entraîne l'air pour revenir au brûleur B. La Société Continentale a appliqué ce bec non seulement à l'éclairage, mais au chauffage des appartements. En disposant trois becs de ce modèle dans des poêles, genre salamandre, et mettant au-dessus des flammes des briquettes d'amiante, elle a obtenu des effets absolument semblables à ceux obtenus par les cheminées similaires à gaz et — fait à noter — en permettant l'évacuation des produits de la combustion. L'absence d'odeur des produits de la combustion de l'alcool a fait oublier cette précaution à tous les autres inventeurs de poêles et calorifères à alcool.

Dans le *bec Monopole (fig. 10)*, exposé par M. J. Delamotte, l'alcool est contenu dans un réservoir V qu'un tube U met en communication avec un réservoir plus petit *v* par l'intermédiaire d'un robinet à tringle, monte ensuite dans les tubes *m* bourrés de mèches d'amiante et chauffés par les chaleurs perdues du brûleur B. Les vapeurs d'alcool ainsi produites redescendent au

Fig.9

brûleur par les tubes D. Pour l'allumage, un dispositif très ingénieux a été imaginé. Au-dessus de la cheminée de verre, une coupelle circulaire a été ménagée dans la cheminée de tôle et, en même temps qu'on ouvre le robinet R par traction de l'anneau O, une cavité R, aménagée dans le robinet, verse 3 cm^3

d'alcool par un petit tube capillaire. On enflamme cet alcool par une ouverture ménagée par le cône Q. On peut alors remonter la lampe en place, l'alcool contenu dans la coupelle chauffe les tubes *m* et brûle juste assez longtemps pour enflammer les gaz dès que ceux-ci sortent par le brûleur B, de 45 à 75 secondes après l'inflammation suivant la température extérieure.

Pour éteindre, il n'y a qu'à tirer l'anneau F; l'extinction se produit après deux minutes lorsque le petit réservoir *v* est vide d'alcool.

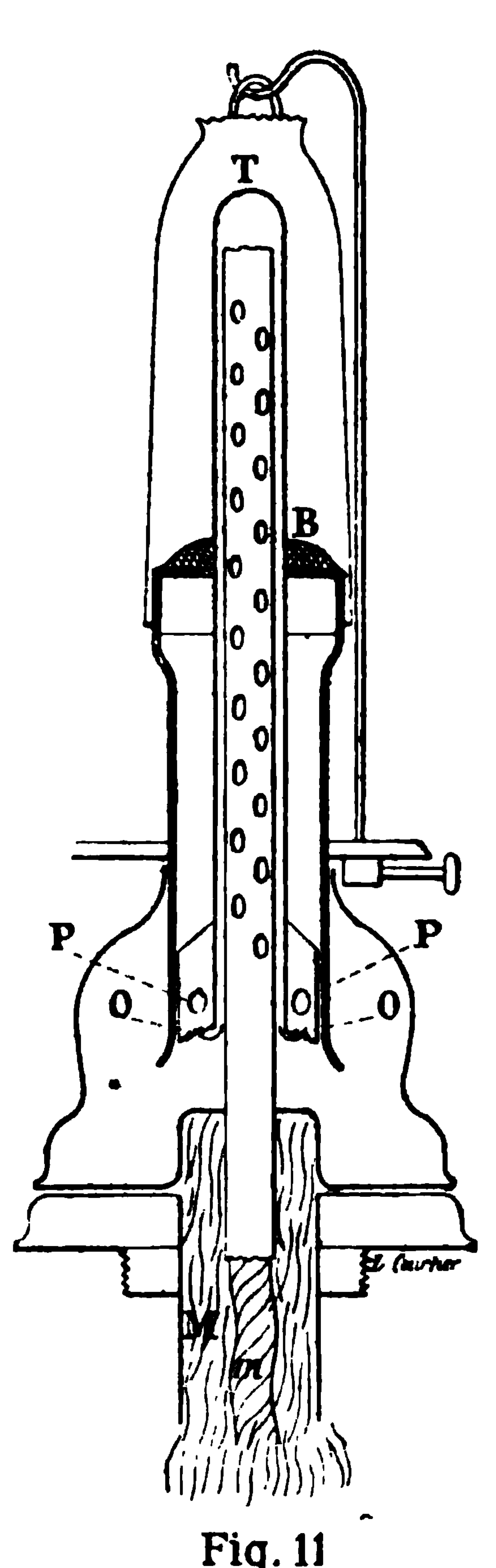


Fig. 11

Ces lampes d'extérieur sont également excellentes, résistent très bien au vent et sont très recommandables pour l'éclairage des gares, l'éclairage des cours et l'éclairage public.

Des appareils fort analogues comme principes ont été également exposés, sous les noms de lampe *Hélios*, par la Compagnie générale de l'alcool, et par M. Schuchart, de Berlin.

Dans le *bec Simplex (fig. 11)*, qui s'applique aux lampes d'intérieur, la gazéification est obtenue par l'ascension de l'alcool dans une mèche ronde *m* contenue dans un tube perforé T', entouré lui-même d'un tube fermé en haut T. Les vapeurs ressortent à la base par deux petits trous O en aspirant l'air par les ouvertures P, le mélange vient brûler au brûleur B.

N'abandonnons pas cette classe d'appareils sans signaler les fers à souder et le très intéressant chalumeau à braser avec l'alcool carburé, imaginé par M. Fouilloud *(fig. 12)*.

L'alcool, sous pression de 5 *kg*, se volatilise en passant dans deux tubes concentriques T. Les vapeurs, réglées par le pointeau R, sortent par l'éjecteur I, entraînant l'air pour brûler en B. En cinq à six minutes, cet appareil a permis de braser un tube d'acier de 48 *mm* sur une bague de 54 *mm*. D'autres modèles plus petits suffisent pour les brasures de cadres de bicyclettes.

Section *g*. — Dans les appareils de cette classe, le chauffage de la chaudière est obtenu par récupération d'une partie de la chaleur à l'aide de la conductibilité d'une tige métallique plongée dans la flamme, comme dans le bec Decamps imaginé par notre collègue M. A. Lecomte *(fig. 13)*. Pour l'allumage, la chaudière G, alimentée par les mèches M, est chauffée quelques secondes à l'aide d'une topette imbibée d'alcool, puis on ouvre le pointeau P. La vapeur sort par l'éjecteur I pour aller au brûleur B. La conductibilité de la tige T assure ensuite le chauffage de la chaudière. Pour éteindre, la fermeture du pointeau arrête la communication de l'alcool avec l'éjecteur et, mettant la chaudière en communication avec l'alcool froid du réservoir, les vapeurs vont s'y condenser, d'où extinction instantanée.

Le réchaud, système Decamps, est basé sur le même principe. Il est remarquable par sa sécurité en cas d'extinction subite ou de renversement.

Enfin, partant du même principe, notre collègue A. Lecomte a établi une lampe à alcool carburé fontionnant sans manchon; grâce au carbure, ce bec à gaz d'alcool éclaire fort bien, sa flamme imitant celle de l'acétylène. Des déclarations de son inventeur lui-même, ce système ne peut songer à lutter d'économie avec l'incandescence; mais ce bec spécial, par la suppression du manchon dont la fragilité s'accommode mal des secousses des

voitures, pourrait faire de très bons services dans les lanternes d'automobiles, d'autant plus que l'alcool carburé employé est de même qualité que celui employé pour le moteur. Il y a donc là une tentative intéressante.

Dans le système adopté par M. Denayrouse, la masselotte, qui renferme la chaudière C, est chauffée par une double récupéra-

P

Fig. 13 Fig. 14

tion due à la tige intérieure T *(fig. 14)* et à la potence extérieure T', qui peut servir de suspension au manchon ; G est la coupelle d'allumage. Ce dispositif permet d'arriver à de très grandes intensités lumineuses et à de très faibles dépenses d'alcool, surtout dans les modèles à alcool carburé sous pression. Le grand pylône central de la salle des fêtes prouve à quelle puissance

lumineuse on peut arriver par ce système. Par contre, pour les petits modèles surtout, on reproche à la potence extérieure de produire une ligne d'ombre.

M. Denayrouse a appliqué le même principe de récupération par potences à un réchaud à alcool qui permet d'obtenir des flammes à très haute température ; mais, par contre, les déperditions dues aux masses métalliques donnent une moins bonne utilisation des calories que dans les appareils plus simples, dont l'un dû au même auteur. Ce système semble donc devoir être réservé à l'éclairage ou encore à des appareils à souder, mais doit être écarté pour les réchauds domestiques.

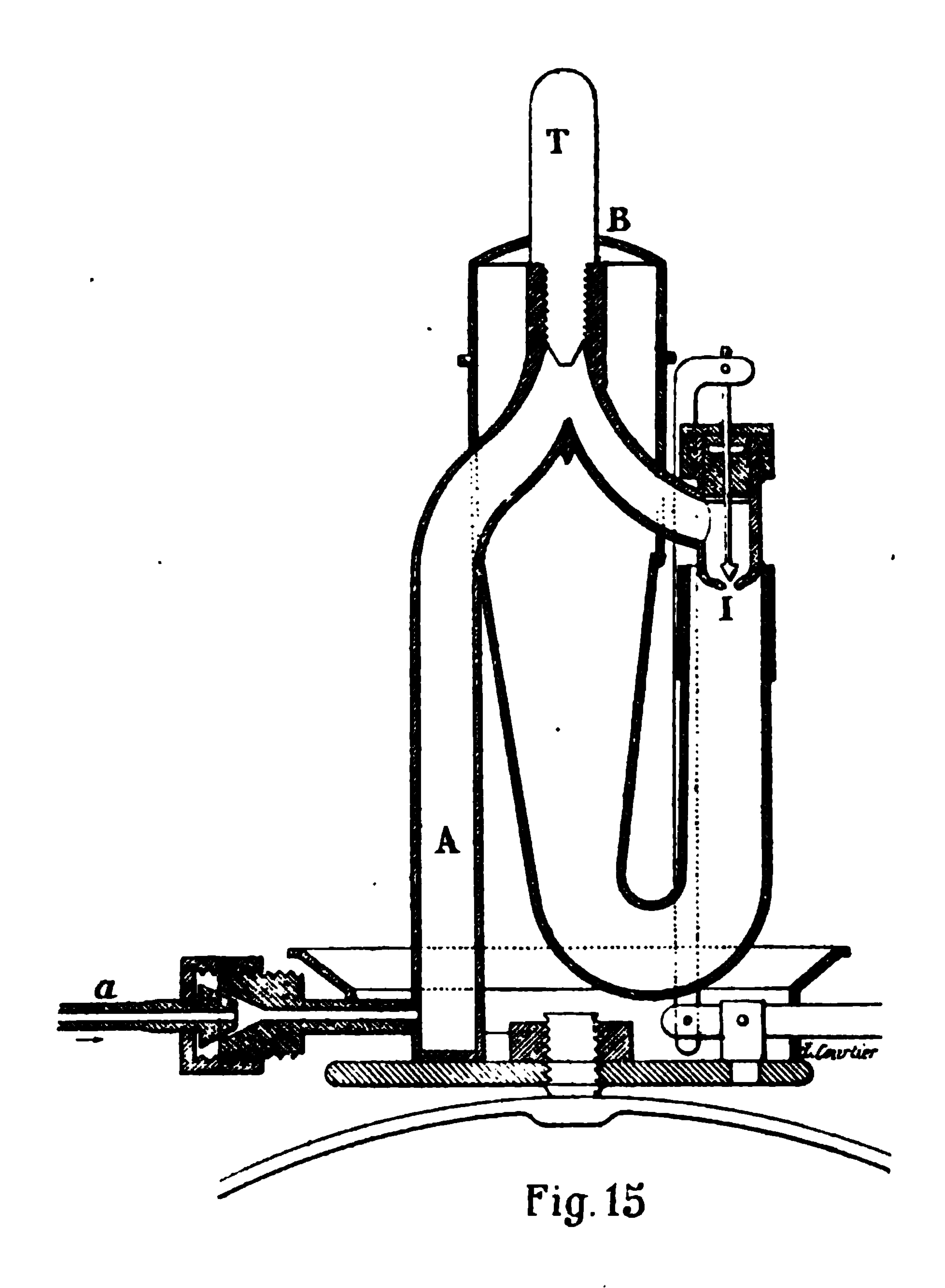


Fig. 15

La figure 15 représente la coupe schématique du bec Hantz, où l'alcool sous pression — 2*kg* environ — pénètre par un tube capillaire *a* dans le tube A formant chaudière, dont la chaleur est assurée par la tige T; la vapeur sort par l'injecteur I et traverse le mélangeur d'air en forme d'U pour arriver au brûleur B.

Ces becs extrêmement intensifs également, sont remarquables par leur fixité, malgré l'alimentation par l'air comprimé. Ce résultat est obtenu par une heureuse application d'un détendeur maintenant la pression constante sur le réservoir du liquide séparé du réservoir d'air comprimé. Ces becs, suivant leur grosseur, peuvent s'appliquer à tous les modes d'éclairage, même à des projecteurs pour lanternes magiques, phares, etc.

La Compagnie générale de l'alcool a présenté également le bec d'éclairage domestique dit *bec Hélios*, qui présente d'ingénieux dispositifs d'allumage et d'extinction, ainsi que de nombreux et intéressants appareils de chauffage.

Au nombre de ceux-ci se trouvent le fer à repasser à l'alcool représenté par la figure 16. Le chauffe-fer est constitué par une

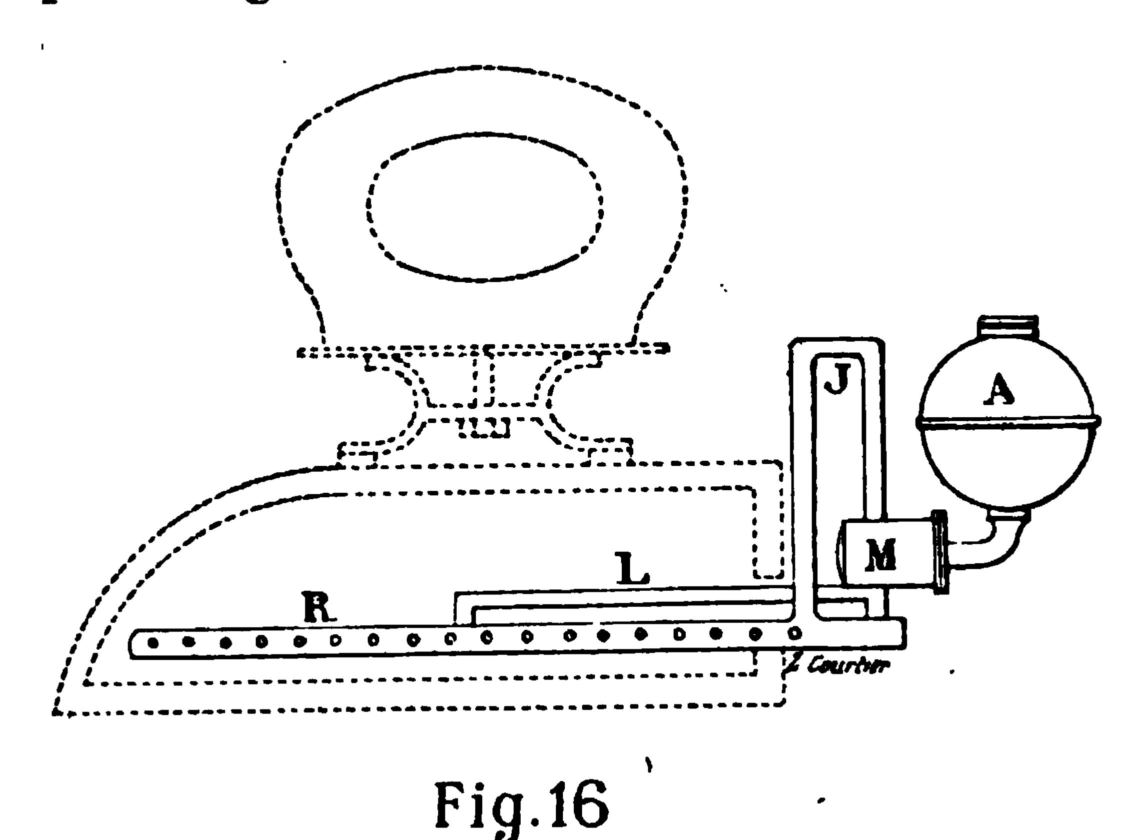


Fig.16

rampe à gaz à trous R alimentée par le réservoir d'alcool en charge A, au-dessus de la chaudière masselotte M. Celle-ci est chauffée par conductibilité d'une lame de cuivre L et les vapeurs d'alcool produites passent par le jeu d'orgue J, avant d'arriver à la rampe R. Ce jeu d'orgue a pour effet d'empêcher l'écoulement de l'alcool en cas d'extinction, malgré le réservoir en charge, ainsi que nous le redoutions pour les réchauds précédents munis de ce dispositif.

Telles sont, rapidement esquissées, les grandes lignes qui se dégagent du concours et de l'exposition des appareils utilisant l'alcool dénaturé. Nous aurons, d'ailleurs, l'occasion d'y revenir lorsque les rapports officiels seront publiés, en donnant les chiffres de consommation des divers systèmes.

Avant de passer aux conclusions, nous devons encore dire quelques mots d'un système hors classes et qui, pour cette rai-

son, n'a pas été admis au concours proprement dit, bien qu'admis à l'exposition. C'est le système de l'*alcoolène*; ce dernier produit n'est lui-même que de l'éther brut, absorbé par un bois spécial très spongieux et le tout renfermé, pour l'expédition, en fûts de fer. En faisant passer à l'aide d'un exhausteur un courant d'air dans ce fût, dit à sondage, l'air s'hydrocarbure et peut aller brûler par une canalisation dans tous les appareils à gaz, qu'il s'agisse d'éclairage par incandescence ou de chauffage. Ce système donne un gaz beaucoup plus régulier et constant que celui obtenu par barbotage dans les carbures minéraux et pour cela rendra de grands services aux laboratoires ne possédant pas le gaz.

Conclusions.

En terminant, nous constaterons que, d'une façon générale, tous ces appareils à alcool donnent des résultats très satisfaisants et sont encourageants pour l'avenir.

A côté des principes généraux que nous avons exposés dans ces lignes, il reste encore à résoudre de menues questions de détails, à expliquer certains faits dont les causes sont encore inconnues, tel le rôle des mèches de coton. Pour fixer les idées, prenons les lampes Decamps, remarquables par la régularité de leur fabrication. Sur dix becs nous allons en avoir huit à neuf fonctionnant très bien, sans chauffer, et économiquement; le neuvième tend à chauffer et à brûler plus d'alcool. Il suffit de changer la mèche pour le rendre égal aux autres et pourtant la mèche est prise dans le même paquet de coton, identiquement du même poids que les autres. Alors pourquoi cette différence ?

La qualité et la forme des manchons à incandescence jouent aussi un grand rôle dans le rendement économique. Conformément à la théorie, les appareils à alcool carburé — généralement par la benzine — sont plus économiques que ceux à alcool dénaturé simple. Pourtant ce dernier doit être recommandé de préférence dans tous les emplois domestiques de l'éclairage et du chauffage, à cause de sa plus grande sécurité. L'alcool carburé, au contraire, semble devoir être préféré pour l'automobilisme, surtout dans les pays froids, et aussi pour l'éclairage public très intensif et les appareils à pression.

L'une des causes qui a le plus arrêté, jusqu'à ce jour, les emplois de l'alcool dans l'automobilisme, est que, en dehors de

Paris et quelques grands centres, on ne trouvait pas à se ravitailler d'alcool. Cette lacune va être comblée par la Société des huiles de Colombes, qui est en même temps le plus grand producteur de benzols de France. Grâce à une entente entre cette Société et de nombreux distillateurs et dénaturateurs, l'alcool carburé pour automobiles et éclairage va se trouver bientôt, en France, dans ses nombreux dépôts, à côté de son essence. C'est là un détail d'importance pour l'avenir de la question de l'alcool dénaturé, d'autant plus que cet exemple sera certainement suivi par la concurrence. Les grands magasins de nouveauté sont entrés dans la voie de faire connaître lampes et réchauds à alcool au grand public féminin.

Enfin, à côté des appareils soumis au concours, l'exposition du Champ-de-Mars nous a montré de nombreux accessoires d'une certaine importance en la matière. Les appareils à distiller ont été perfectionnés par des Ingénieurs comme MM. Egrot et Guillaume, M. O. Perrier; les moyens de transport et d'embidonnage sont perfectionnés, la sécurité assurée par d'ingénieux dispositifs de bidons mesureurs et inexplosibles.

Déjà les Compagnies de Chemins de fer du Nord et de l'État ont inscrit l'alcool dénaturé dans leur classification et en leur appliquant des tarifs réduits. Il est probable que les autres Compagnies françaises suivront bientôt cet exemple (1).

Il ne reste plus, pour assurer la continuité des progrès de l'alcool dénaturé, qu'à en fixer le cours à bas prix, par une entente, s'il est possible, entre producteurs, et surtout, par l'abaissement des frais de dénaturation beaucoup trop élevés qu'impose l'Administration des Contributions indirectes; la dose de 10 *l* de méthylène par hectolitre est ridiculement massive et onéreuse, puisqu'en Allemagne le même résultat est obtenu avec 2 *l* seulement. La Régie prétend que cela est indispensable pour se mettre à l'abri contre les fraudes par dilution. Cela pouvait être vrai il y a cinq ans, alors qu'on ne possédait aucun moyen précis et rapide de dosage du méthylène. A l'heure actuelle, avec la méthode de dosage de M. Trillat, cette assertion n'a plus sa raison d'être; il y a même une autre raison qui rendrait la fraude par l'alcool dénaturé absurde.

La rénaturation d'un semblable alcool est fort délicate, même

(1) Au moment où paraissent ces lignes nous apprenons que les Compagnies de l'Est, d'Orléans, de l'Ouest, de Grande et Petite-Ceinture, soumettent à l'homologation ministérielle des tarifs analogues.

pour un chimiste habile, et relativement onéreuse; en outre, l'alcool rendu ainsi buvable renferme encore des traces du dénaturant de *corpus delicti.* Depuis la loi sur le régime des boissons dégrèvant les vins, le fraudeur intelligent distillera tout simplement du vin sans recourir à l'alcool dénaturé, la Régie peut en être convaincue. Nous espérons donc qu'elle consentira à améliorer le mode de dénaturation et aussi à laisser une plus grande facilité de circulation à l'alcool dénaturé.

C'est là le plus important pour l'avenir de ce produit. Chaque jour les besoins de lumière augmentent dans toutes les classes de la société et, sans nuire au gaz ni même au pétrole, l'alcool peut prendre une place très importante dans l'éclairage, le chauffage et la force motrice, à la condition pourtant de circuler aussi librement que ses concurrents étrangers, à condition que la Régie n'en entrave pas la circulation par des mesures vexatoires autant qu'inutiles aux intérêts du Trésor.

II

MOTEURS

PAR

M. G. COUPAN

Lors des essais de moteurs à explosion, précédant ceux qui viennent d'être effectués à l'occasion du Concours international de moteurs et appareils utilisant l'alcool dénaturé, les expérimentateurs s'étaient, en général, bornés à une étude purement mécanique des appareils soumis à leur examen ; ils mesuraient, avant tout, la puissance développée par le moteur et la consommation correspondante de combustible. On s'est aperçu bientôt que le volume d'air incorporé au combustible a une influence très marquée sur la marche économique du moteur et que l'utilisation du combustible est maxima lorsque l'air entre dans la composition du mélange tonnant pour une proportion assez notablement supérieure à celle qu'indique le calcul d'après la réaction chimique. Cette constatation, faite dès l'origine pour les moteurs à gaz, et renouvelée plus récemment par M. Ringelmann, lors du Concours de moteurs à pétrole organisé par la Société d'Agriculture de Meaux (1), présentait déjà un réel intérêt; cependant, tant que le gaz, le pétrole, le schiste, etc., ont été les seuls combustibles pratiquement employés pour les moteurs à explosions, on n'a pas cherché à déterminer avec exactitude les proportions suivant lesquelles les corps devaient entrer dans le mélange explosif pour utiliser complètement les combustibles ; des organes très simples permettaient, en effet, au mécanicien de régler sans difficulté son moteur, et l'aspect des gaz d'échappement lui fournissait, à cet égard, les indications pratiquement nécessaires. Mais lors des premières tentatives faites pour substituer l'alcool au pétrole et à l'essence minérale, on se heurta à des difficultés imprévues, telles, entre autres, que l'encrassement, le collage et même la corrosion des soupapes.

Il devenait par suite indispensable, si l'on voulait faire accep-

(1) Cf. — M. Ringelmann, *Traité des Moteurs thermiques*.

ter l'alcool comme agent de production d'énergie mécanique, d'étudier soigneusement les phénomènes qui caractérisent sa combustion, et de déterminer dans quelles conditions les corps susceptibles de corroder ou d'encrasser les organes du moteur cessent de se former, ou du moins ne se produisent plus qu'en quantités négligeables.

Le Ministre de l'Agriculture a donc chargé M. E. Sorel, ancien Ingénieur des Manufactures de l'État, de procéder à cette étude, et l'a autorisé à installer, dans les locaux de la Station d'essais de machines agricoles, où étaient essayés les moteurs concurrents, un petit laboratoire pour l'analyse des liquides et des gaz. MM. Ringelmann et Sorel ont pu ainsi travailler de concert, et cette collaboration constante des deux éminents Ingénieurs a permis d'obtenir un certain nombre de résultats qui, sans être absolument définitifs, parce qu'on n'a pu, faute de temps, effectuer qu'un petit nombre d'expériences, n'en présentent pas moins un intérêt considérable. Les essais mécaniques et les analyses chimiques ont donné des indications d'une concordance frappante; MM. les Membres de la Société des Ingénieurs Civils de France qui ont pris part à la visite de l'Exposition, le 31 mai dernier, ont pu s'en rendre compte par l'examen des graphiques exécutés par MM. Ringelmann et Sorel, à la suite de leurs expériences.

Dans le remarquable rapport qu'il a adressé au Ministre de l'Agriculture, et que liront avec fruit tous ceux qui s'intéressent aux moteurs à alcool, M. Sorel décrit le mode opératoire adopté par lui, et expose les conclusions que lui ont suggérées ses analyses. Nous retiendrons de ce rapport quelques points qui nous paraissent présenter une importance plus particulière pour l'étude des organes propres à constituer le mélange explosif, c'est-à-dire des carburateurs.

Il semble, tout d'abord, que la combustion de l'alcool ne puisse jamais être absolument complète, quelque parfaite que soit, au point de vue des proportions de combustible et de comburant, la composition du mélange tonnant. On trouve toujours dans les produits d'échappement des traces sensibles d'acide acétique. Ce n'est d'ailleurs qu'un inconvénient assez léger, car la perte d'alcool occasionnée par sa formation est très faible ; il ne paraît pas non plus corroder les organes du moteur, au moins pendant le fonctionnement, et il suffit de graisser ou de pétroler le cylindre, chaque fois qu'on arrête le moteur, pour éviter les corrosions qu'un contact prolongé entre les parties métalliques

et les produits condensés renfermant de l'acide acétique pourrait provoquer à la longue. C'est, comme on le voit, une bien faible sujétion.

Les analyses des gaz d'échappement ont mis en évidence ce fait qu'en l'absence de la proportion convenable d'air, une partie de l'hydrogène et surtout du carbone contenus dans le combustible (alcool dénaturé pur ou alcool carburé) est complètement inutilisée. La perte est particulièrement élevée dans les moteurs légers à grande vitesse. Pour les moteurs lourds, sur lesquels les constatations ont été les plus nombreuses, la combustion a été, dans la plupart des cas, pratiquement parfaite lorsque la quantité d'air entrant dans le mélange explosif était 1,7 fois celle qui serait théoriquement nécessaire d'après la réaction chimique. Au-dessus et au-dessous de cette proportion, la combustion est défectueuse, et l'utilisation devient de plus en plus faible à mesure qu'on se rapproche de la proportion théorique.

Quel que soit le mode de régulation du moteur, on devra donc employer comme carburateurs des appareils capables d'envoyer dans le cylindre une quantité d'alcool correspondant à la carburation optima, déterminée, d'après le volume de la cylindrée, en tenant compte de l'excès d'air normalement nécessaire pour la combustion. Si la régulation se fait par tout ou rien, toutes les autres conditions restant comparables,. cette quantité devra être constante; si elle a lieu par modification du volume de mélange tonnant admis dans le cylindre, la quantité d'alcool devra être modifiée proportionnellement. Or, des expériences antérieures de M. Sorel ont démontré que, même au voisinage de 15°, la tension de vapeur de l'alcool varie beaucoup pour de faibles variations de température. Si donc la carburation est obtenue par un simple barbottage de l'air, ou même par giclage, il y a bien des chances pour qu'elle ne soit pas absolument constante ; en admettant même que la variation de vitesse du courant d'air traversant le carburateur, lorsqu'on modifie l'ouverture des registres d'air chaud ou d'air froid, soit, ce que nous ne pensons pas, sans influence sur la carburation, le carburateur se trouve exposé aux courants d'air, au rayonnement des pièces chaudes du moteur, etc. Quelque faibles que soient les changements de température résultant de ces causes extérieures, il est probable que la tension de vapeur de l'alcool contenu dans le carburateur est suffisamment modifiée pour que la carburation ne reste pas rigoureusement normale.

Le carburateur à préférer est, par conséquent, à notre sens, celui qui injecte automatiquement la quantité nécessaire d'alcool, constante ou variable, suivant le mode de régulation, *à l'état liquide*, dans une chambre où s'opèrent la volatilisation et le mélange avec l'air; l'organe d'injection, ou, plus exactement, de distribution mécanique, doit pouvoir être réglé de façon à permettre de déterminer, par tâtonnements, la quantité exacte d'alcool nécessaire pour chaque explosion, et à laisser toute latitude pour l'utilisation dans le moteur de plusieurs sortes de combustibles. Enfin, il doit être sous la dépendance du mécanisme régulateur pour se prêter à toutes les exigences du fonctionnement. Ajoutons que plusieurs des moteurs qui ont pris part aux deux Concours organisés par le Ministère de l'Agriculture étaient pourvus de carburateurs construits d'après ce principe, et ont donné de très bons résultats sous tous les rapports.

Il ressort, en dernier lieu, des expériences de MM. Ringelmann et Sorel, que l'état dans lequel se trouve l'alcool lors de son admission dans le cylindre a une très grande influence sur le fonctionnement du moteur et sur la conservation des soupapes; les corrosions et les encrassements que l'on constate parfois sur les soupapes d'admission sont dues à une vaporisation incomplète du combustible. Si l'alcool est simplement pulvérisé, les gouttelettes entraînées dans le cylindre viennent heurter les soupapes, qui sont portées à une température très élevée par les explosions successives; l'alcool subit, dans ces conditions, une décomposition d'autant plus complète que la soupape est plus chaude et que le contact est plus prolongé. Il ne se produit, au contraire, rien de semblable si l'alcool est entièrement vaporisé. Ces expériences ont donc vérifié et expliqué un phénomène déjà connu des constructeurs de moteurs à alcool; elles ont, en outre, démontré la nécessité d'adjoindre au carburateur un appareil de vaporisation très énergique, de façon que le mélange entrant dans le cylindre soit absolument sec.

Donc, en mettant de côté le risque de corrosion par les liquides condensés pendant les périodes de repos, corrosion contre laquelle on se prémunit bien facilement, ainsi que nous l'avons dit plus haut, l'alcool peut être considéré comme un bon agent de production d'énergie mécanique, à la condition qu'on l'utilise dans des moteurs pourvus de carburateurs et de vaporiseurs bien étudiés.

L'ÉLECTRO-TYPOGRAPHE

PAR

M. A. LAVEZZARI

Préliminaires. — Depuis environ un siècle, un grand nombre d'inventeurs ont cherché à réaliser une machine capable d'exécuter rapidement et à bon marché la composition typographique, et les progrès incessants des arts mécaniques leur ont permis de se rapprocher de plus en plus de la solution de ce difficile problème.

Pour bien en faire comprendre les données, nous allons analyser la besogne du *typo*, qui se compose de trois fonctions :

1° La *Composition* proprement dite : c'est la juxtaposition dans le *composteur* des caractères choisis dans les compartiments de la *casse*, pour constituer le texte d'une ligne ; les mots sont séparés par des *espaces* provisoires, choisies *a priori* de dimension moyenne ;

2° La *Justification :* la ligne étant terminée dans le composteur, n'a pas exactement la dimension requise ; il faut alors remplacer les espaces provisoires par d'autres un peu plus fortes ou un peu plus faibles ;

2° La *Distribution :* c'est la remise en place des caractères dans les compartiments de la *casse*, après que la composition a servi.

Machines à composer employant des caractères fondus d'avance.

Les premiers inventeurs se bornèrent à essayer de remplir la première fonction, en employant des caractères fondus d'avance et emmagasinés dans des canaux ou rainures ; et depuis l'Anglais Church qui, en 1822, réalise la première de ces machines qui ait travaillé pratiquement, nous voyons les inventeurs de tous pays, mais plus particulièrement les Américains, mettre au jour environ une centaine d'appareils de cette classe.

Mais bien peu ont résisté à l'épreuve de la pratique, c'est à peine si aujourd'hui on compte une dizaine de systèmes pratiquement employés, et presque tous originaires des États-Unis : encore ces machines sont-elles peu répandues et leur nombre, dans le monde entier, n'atteint peut-être pas un millier. Parmi les plus connues, citons la Thorne, l'Empire, la Simplex, la Mac Millan, la Dow.

Les machines de cette catégorie exécutent bien la composition proprement dite, qui est réalisée en faisant sortir les caractères de leur magasin par le jeu d'un clavier ; quant à la justification, aucune ne l'a résolue automatiquement, et la plupart se contentent de produire une ligne continue qui est découpée en lignes de longueur par un second opérateur, lequel les justifie par des moyens peu différents de ceux du typo ordinaire. La distribution est généralemont faite à la main ; cependant, un très petit nombre d'inventeurs ont réussi à l'exécuter mécaniquement, la plupart au moyen d'une seconde machine ; mais ce résultat est obtenu aux dépens d'un grave inconvénient, car il faut alors des caractères spéciaux, se différenciant entre eux par des combinaisons de crans ou de trous.

Machines à fondre les lignes clichées.

Plus tard, en 1886, le problème est résolu par l'apparition des machines à fondre les lignes, dont la première est la Linotype de Mergenthaler, bientôt suivie par la Typograph de Rogers et par la Monoline de Scudder ; toutes les trois sont originaires de l'Amérique.

Dans ces machines, le magasin contient, au lieu de caractères, des lames de laiton qui ont l'épaisseur des caractères, et qui portent sur leur tranche une empreinte en creux ou *matrice;* le jeu du clavier fait rassembler dans l'ordre voulu les matrices qui représentent le texte d'une ligne, en interposant des coins entre les mots. Quand la ligne de matrices est complète, elle est appliquée contre un moule, justifiée par le jeu des coins, et un cliché en est fondu au moyen d'un métal injecté par un piston. Après la fonte, les matrices qui ont servi sont redistribuées automatiquement dans le magasin, grâce à des combinaisons de crans ou de trous qui les différencient entre elles.

Les machines de cette catégorie effectuent les trois fonctions de la composition, et se sont rapidement répandues, car on en

compte actuellement plus de dix mille en usage dans le monde entier, dont les trois quarts au moins pour les journaux.

L'accès des imprimeries de labeur, qui pourraient en employer beaucoup plus que les journaux, leur est très limité, parce que leur principe même les entache de sérieux défauts contre lesquels l'habileté des inventeurs est impuissante.

Le plus grave est l'abaissement du rendement par suite de l'importance des corrections, car, pour une seule lettre oubliée ou changée, il faut recommencer la ligne entière.

Machines à fondre et composer en caractères mobiles.

Frappé de ces inconvénients et de divers autres, le célèbre Ingénieur Sellers, de Philadelphie, formulait, il y a peu d'années, les principes d'une nouvelle classe de machines à composer, en appliquant le système si fécond de la division du travail.

Le clavier devait constituer un appareil à part, travaillant dans un bureau, loin de la chaleur et de la poussière de l'atelier de fonderie, et enregistrant son travail par des perforations pratiquées dans une bande de papier, d'après l'idée géniale de Jacquard.

Quant à la composition, elle devait être réalisée matériellement en *caractères mobiles*, fondus à mesure par une machine automatique, obéissant aux ordres transmis par la bande et, par conséquent, affranchie des arrêts momentanés que le compositeur au clavier peut éprouver quand le manuscrit est difficile à déchiffrer. Remarquons que dans ces machines la fonction de la distribution est supprimée ; les caractères ayant servi une fois sont remis au creuset. La bande perforée, pouvant servir plusieurs fois, constitue un cliché économique pour les réimpressions.

Les opérateurs, grâce à leur spécialisation, pourront être recrutés plus facilement et payés moins cher.

Trois machines ont été réalisées d'après ces principes, ce sont : la Monotype Lanston et la Graphotype Goodson en Amérique ; et l'Électro-Typographe des Hongrois Meray et Rozar, en Europe, dont je parlerai spécialement dans cette Note.

Dans ces trois systèmes, la justification est assurée par un calcul que la machine à clavier effectue pendant que l'on exécute

une ligne, et dont elle enregistre le résultat sur la bande perforée, à la fin de cette ligne. La bande de papier est engagée sur la machine à fondre *en sens inverse* de celui de son écriture, afin que les perforations de justification, passant les premières, indiquent à la machine la dimension des espaces à fournir pour la ligne. Ces espaces sont fondues chacun à son tour, entre les mots du texte, et leurs dimensions changent pour chaque ligne.

La machine à clavier de Lanston emploie l'air comprimé, sous une pression de 1,2 *kg* par centimètre carré ; il est envoyé sous les 24 poinçons de perforation par le jeu de 256 valves correspondant aux touches.

La machine à clavier de Goodson emploie l'électricité ; ses 20 poinçons de perforation sont mus par autant d'électro-aimants : entre ceux-ci et le clavier se trouve un tableau contenant 650 contacts au mercure.

Dans toutes les deux, l'opérateur doit, à la fin de chaque ligne, lire deux nombres sur des tables ou des cadrans, puis choisir, d'après ces lectures, dans un ordre déterminé, un certain nombre de touches spéciales dont la pression détermine les perforations de justification. Dans la machine à clavier de Meray-Rozar, au contraire, toutes les fonctions sont purement mécaniques, sans air comprimé ni électricité, et la justification, en fin de ligne, est réalisée par la manœuvre machinale d'un seul levier, toujours le même, sans lecture préalable ; il n'y a, d'ailleurs, que 7 poinçons de perforation.

La raison pour laquelle la machine à perforer Meray-Rozar n'emploie pas l'électricité, est le manque de sécurité des contacts établis par le jeu d'un dactylographe sur un clavier ; car l'effort des doigts sur les touches de même que le degré d'abaissement de celles-ci, est très variable dans un travail rapide ; on verra, au contraire, les mêmes inventeurs faire un emploi très judicieux de l'électricité dans leur machine à fondre, où les contacts, donnés par des organes mus mécaniquement, peuvent être établis dans les conditions nécessaires pour que leur fonctionnement soit assuré. La Goodson et la Meray-Rozar donnent des copies-témoins très utiles pour les corrections et remplissant le rôle d'une épreuve *avant la fonte* : la Lanston ne donne pas de copie-témoin.

La Meray-Rozar emploie, pour l'écriture de sa copie-témoin, la machine à écrire bien connue du système Williams qui n'a que trente touches, chacune à triple effet, grâce à une double

clef latérale ; et si l'on se reporte à ce qui vient d'être dit sur la manœuvre si simple de la justification, on voit qu'avec cette machine tout dactylographe peut, en très peu de temps, s'improviser compositeur.

On peut reprocher aux machines Lanston et Goodson de mettre en mouvement des pièces d'un poids relativement élevé, 2 à 3 *kg*, qui se déplacent très rapidement avec des frottements assez considérables, puis sont arrêtées brusquement, et il est à craindre que cette manœuvre, répétée 20 à 25 000 fois par heure, amène des désordres graves dans la machine.

Dans l'Électro-Typographe Meray-Rozar, au contraire, les 29 noix mobiles porte-matrices ne pèsent chacune que 30 *g* et leur choc à l'arrêt est trop faible pour communiquer un ébranlement aux pièces voisines ; de plus, l'effort de ce choc est réparti sur une surface d'environ 600 mm^2. La noix demandée, livrée par un chariot mobile, vient s'installer sur une broche carrée qui l'applique contre le moule ; sa position est assurée par des organes de pression qui l'appuient contre des butoirs fixes dans les deux sens de la *ligne* et de l'*approche* ; ces butoirs sont facilement réglables. Remarquons que la broche carrée exerce sa pression sur la noix en la fixant contre le moule, suivant une diagonale ; de sorte que, même s'il existait un peu de jeu entre la broche et le trou carrés, le centrage serait conservé.

Après la fonte, la noix rétourne dans le chariot mobile qui la déplace constamment dans un courant d'air, ce qui l'empêche de s'échauffer.

Dans la Lanston et la Goodson, les matrices sont frappées dans de petits cubes de cuivre insérés dans des alvéoles du bloc ; dans la Meray-Rozar, les matrices sont frappées sur les trois facettes d'un bloc de cuivre serti dans la noix entre deux plaquettes d'acier ; dans les trois systèmes, l'encadrement des matrices permet donc de les frapper plus profondément que dans les machines à fondre les lignes clichées, puisque leurs parois faibles sont soutenues. Il en résultera une plus grande hauteur *d'œil* et, par conséquent, une impression plus nette.

La Meray-Rozar n'emploie que 16 électro-aimants dans sa machine à fondre ; il n'y en a jamais qu'un seul en action à la fois, et le courant nécessaire n'est que de 0,1 ampère sous 10 volts ; on peut donc l'obtenir au besoin par une pile de quelques éléments si l'on doit installer la machine dans une localité dépourvue de distribution électrique.

L automaticité de ces différents systèmes de machines à fondre permet d'en confier deux à un même ouvrier.

Au point de vue de l'aspect de l'impression, la *Meray-Rozar* donne des blancs égaux et admet dans une même police les forces de caractères les plus variées, pouvant ne différer entre elles que de 1 dixième de millimètre. La *Lanston* donne aussi des blancs égaux, mais n'admet que quinze forces différentes dans une police. Enfin, la *Goodson* n'admet que six forces différentes et donne des blancs inégaux, car la correction de justification n'est répartie qu'entre les quatre derniers espaces de chaque ligne.

De ces trois machines, la *Lanston* seule est entrée dans la pratique depuis peu de temps en Amérique, et l'accueil favorable qu'elle a reçu démontre surabondamment les avantages inhérents au principe des machines à fondre les caractères mobiles, avantages dont le principal est la facilité des corrections.

Nul doute qu'un brillant avenir soit assuré à l'Electro-Typographe, qui, en outre des qualités énumérées ci-dessus, se prête facilement à la transmission télégraphique de la bande, grâce à la limitation judicieuse du nombre des perforations. Cette transmission télégraphique est dès maintenant un fait accompli, car les essais de l'appareil construit dans ce but ont eu lieu avec un plein succès.

Ayant exposé le principe général du fonctionnement des machines à composer, je vais donner maintenant quelques détails sur la façon dont s'effectuent, dans l'électro-typographe Meray-Rozar, les diverses opérations, d'une part dans la machine à écrire et enregistrer et ensuite dans la machine à fondre et composer.

Les dessins schématiques qui accompagnent cette note, ainsi que les renseignements sur le fonctionnement, m'ont été communiqués par notre Collègue M. Maurice Wherlin, Ingénieur attaché à la Société d'Études qui poursuit l'exploitation de cette machine en France, et je lui en adresse ici tous mes remerciements.

L'ÉLECTRO-TYPOGRAPHE

1° Machine à écrire.

Se compose d'une machine à écrire ordinaire, système Williams, à laquelle on a fait subir une transformation consistant à adjoindre à chaque touche une biellette pendante permettant l'enclanchement avec le mécanisme inférieur.

Celui-ci, placé sous la machine Williams, contient les appareils compteur, perforateur et justificateur : il est mis en mouvement par une force motrice quelconque faisant tourner un arbre auquel il faut fournir environ 1/30 de cheval ; mais il n'entre en action que lorsque le doigt de l'opérateur frappe une touche, ce qui a pour effet d'établir l'enclanchement par la biellette correspondante.

Le doigté est très doux, puisqu'il ne fournit que le faible effort nécessaire pour l'enclanchement ; et c'est la force motrice communiquée à l'arbre du mécanisme inférieur qui, pour chaque touche pressée, effectue les diverses fonctions suivantes :

1° Impression de la lettre sur une copie-témoin par l'action des leviers supérieurs et des types de la machine Williams ;

2° Entraînement de la bande de papier et perforation des trous qui figurent la lettre ;

3° Mouvement du mécanisme compteur pour enregistrer l'épaisseur du caractère tel qu'il sera fondu ;

4° Transmission de l'indication précédente au totalisateur.

A la fin de chaque ligne, le jeu du levier de justification enclanche la partie de l'appareil qui doit inscrire sur la bande le résultat du calcul de justification, mais cet appareil est mis en action par le même arbre qui reçoit son mouvement de la source motrice, et qui provoque en même temps trois mouvements d'avancement de la bande pour recevoir les trois rangées de perforations qui suivent chaque fin de ligne.

Le résultat du calcul de justification, inscrit sur la bande, indique de combien de dixièmes de millimètre en plus ou en moins il faut corriger une valeur moyenne d'espaces, dite normale, supposée *à priori* de 1,5 *mm* d'épaisseur, pour obtenir une ligne justifiée, c'est-à-dire ayant la longueur imposée pour le

travail que l'on a en vue : cette longueur ou justification de ligne s'indique sur la machine avant de commencer le travail, en déplaçant le cadran placé en haut et à droite, jusqu'à ce que son index soit sur la division indiquant la longueur de ligne.

Lorsqu'on passe à une autre sorte d'écriture, ayant d'autres dimensions, il suffit de changer, dans l'appareil compteur, un cylindre spécial qui se déplace très facilement, mais on n'a rien à changer dans l'appareil de justification.

La vitesse permise par le mécanisme est d'au moins 12000 caractères à l'heure ; en réalité, cette vitesse varie suivant l'aptitude de l'opérateur et la difficulté du manuscrit, et l'une des raisons pour lesquelles on a séparé le clavier de la machine à fondre, a été le désir d'affranchir cette dernière des inégalités de vitesses dues au travail humain, en lui permettant, grâce à la bande enregistreuse, de travailler à une vitesse régulière, c'est-à-dire dans les meilleures conditions pour fournir un travail régulier.

La bande de papier, qui peut supporter quatre-vingt à cent passages sur la machine à fondre, constitue un cliché peu coûteux toujours prêt pour des éditions ultérieures.

Enfin, la copie-témoin fournie par la machine Williams constitue une épreuve avant la fonte qui sera remise au correcteur. Les grandes corrections entraînant le remaniement d'une ou de plusieurs lignes seront faites en découpant dans la bande la partie défectueuse et en y collant un morceau de bande nouvelle corrigée ; on évitera ainsi d'avoir à recommencer la fonte de la partie à corriger.

Les petites corrections seront effectuées très rapidement sur la composition finie, au moyen de la pince habituelle du typo.

Sur le clavier de la machine Williams, chaque touche est à triple effet, suivant qu'on la presse seule, ou qu'on appuie en même temps sur l'une ou l'autre extrémité de la double clef de gauche.

La bande de papier enregistreur, large de 30 *mm*, reçoit huit rangs de perforations ; les rangs 1, 2, 3, 4, 5 servent par leur arrangement à caractériser les différentes touches ; les perforations des rangs 6 et 7 accompagnent celles de la touche, quand on a appuyé sur l'une des extrémités de la double clef de la machine à écrire ; enfin, la rangée 0 sert à l'entraînement de la bande sur la machine à fondre.

Chaque file de perforations correspond à un caractère.

Théorie de la justification.

Les épaisseurs des caractères, tels qu'ils seront fournis par la machine à fondre, sont exprimés en nombre entiers de dixièmes de millimètres.

Sur la machine à écrire, chaque fois qu'on presse une touche, l'appareil compteur enregistre le nombre de dixièmes de millimètres qui mesure le caractère, et un totalisateur fait l'addition de toutes ces quantités depuis le commencement de la ligne. Les espaces sont comptées provisoirement dans l'addition avec la valeur dite normale de 15 dixièmes. L'opérateur averti par une sonnerie lorsqu'il n'a plus que 5 *mm* de ligne à remplir, termine sur la fin d'un mot ou d'une syllabe; il peut au besoin dépasser la longueur de la ligne prescrite de 5 *mm.* Il a donc depuis la sonnerie une latitude de 10 *mm.*

Soit J la justification ou longueur de ligne prescrite,

L le total atteint par le totalisateur au moment où la ligne est terminée;

J — L sera ce qui manque à la ligne pour avoir la longueur prescrite; cette quantité peut être positive ou négative.

Soit E le nombre d'espaces de la ligne.

Si l'on divise J — L par E, soit Q le quotient, et qu'on corrige chaque espace de la ligne en l'augmentant ou la diminuant de Q, suivant le signe de la correction J — L, on aura une ligne de longueur J.

Tous ces calculs sont effectués automatiquement par la machine à écrire, lorsqu'on tire à la fin de la ligne sur le levier de justification; et c'est la valeur de Q qui est indiquée en perforations sur la bande.

L'exemple ci-dessus est simple parce que la division n'avait pas de reste; mais comme la machine ne permet pas de calculer les espaces avec une approximation plus grande que 1/10 de millimètre, la division donne généralement un reste R.

Dans ce cas, outre la correction Q qui affecte chaque espace de la ligne, les R premières espaces reçoivent une correction supplémentaire de 1/10 pour chacune, ce qui réalise la distribution du reste R.

L'opérateur n'a aucune lecture de chiffres à faire à la fin de la ligne, et la manœuvre du levier de justification est purement machinale.

2° Machine à fondre.

L'organe fondamental est la noix porte-matrices, dont chacune correspond à une touche de la machine à écrire.

De même que chaque touche de celle-ci est à triple effet, de même chaque noix contient un bloc de cuivre à trois facettes, chacune recevant la matrice correspondant à un des trois caractères fournis par la touche.

La matrice des petites lettres, la plus employée, est au milieu.

Ces noix porte-matrices participent au mouvement assez rapide du chariot qui les contient : à chaque tour de la machine le chariot livre une de ses noix qui va se présenter devant le moule, et se trouve reprise et réintégrée dans le chariot au retour de celui-ci vers l'avant.

La bande perforée passe dans la machine à fondre en sens inverse de celui de son écriture ; de sorte qu'avant le commencement d'une ligne, la machine connaît la dimension des espaces qu'elle devra y introduire entre chaque mot ; dimension qui sera la normale (1,5 *mm*) augmentée ou diminuée d'un certain nombre de dixièmes de millimètre.

A la fin de chaque ligne, la machine donne trois tours sans fondre pour permettre l'évacuation de la ligne terminée vers la galée, et pour que l'appareil de justification prenne une nouvelle disposition afin de fournir à la ligne suivante des espaces d'une autre dimension.

La bande de papier avance d'une division pour chaque tour de l'arbre principal de la machine, correspondant à une course entière du chariot porte-matrices et à un caractère fondu.

La vitesse de l'arbre principal étant de 90 tours par minute, soit 5400 à l'heure, la machine produira effectivement 5400 moins 3 multiplié par le nombre de lignes ; plus les lignes seront longues, plus le rendement sera élevé. En moyenne, on peut compter 5000 à l'heure.

On admet qu'une machine à écrire desservira deux machines à fondre, et qu'un pareil ensemble produira 10000 caractères à l'heure : remarquons que grâce à l'automaticité de ses fonctions et à ses appareils de sûreté amenant l'arrêt automatique en cas de dérangement ou de négligence, on pourra confier deux machines à fondre à un seul ouvrier ; donc, un groupe fournissant 10000 caractères à l'heure n'emploiera que deux personnes.

La force motrice nécessaire à une machine à fondre peut être estimée entre 1/3 et 1/2 *ch*, fourni par un moteur quelconque. Pour ses électro-aimants, elle a besoin d'un courantde 0,1 ampère sous 10 volts. Il lui faut, en outre, du gaz pour chauffer le creuset et un très petit courant d'eau pour refroidir les parois du moule.

Disposition mécanique de la machine a fondre.

La bande de papier est déchiffrée dans un appareil de lecture A (*fig. 1*) dont les indications, traduites mécaniquement par un appareil combinateur placé en B, ont pour effet, au moyen de la tige C, de déclancher un organe D à un moment donné de la course du chariot E.

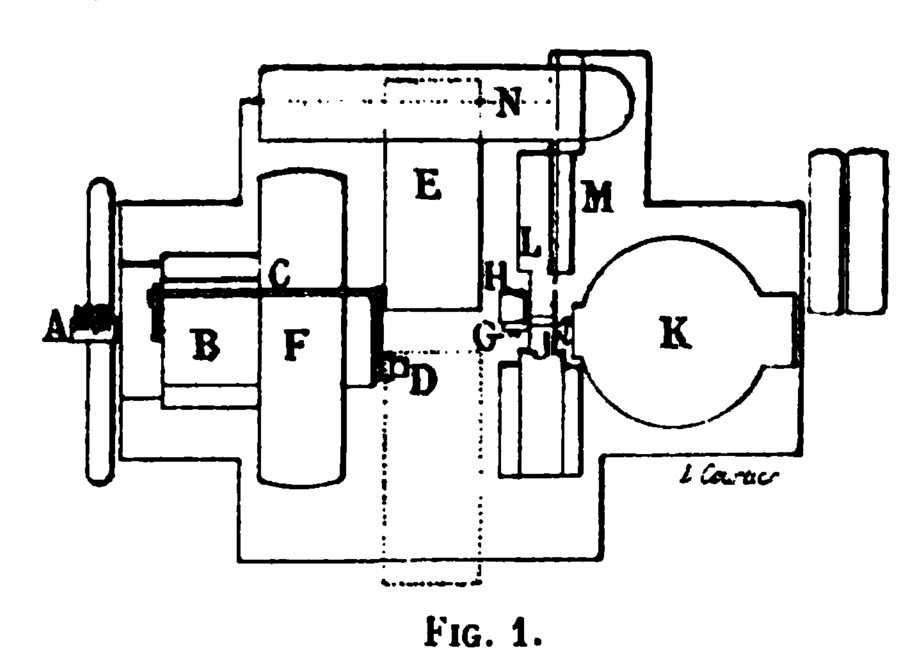


Fig. 1.

Celui-ci, entraîné par un engrenage de Lahire qui tourne dans la boîte F, contient 29 noix porte-matrices dont chacune correspond à une touche de la machine à écrire.

A chaque course du chariot vers l'arrière, le jeu de D provoque la sortie d'une noix G qui va se placer sur un support H, lequel l'applique contre le moule J où elle reçoit un jet de métal en fusion venant d'un creuset K chauffé au gaz.

Au retour du chariot vers l'avant, la noix y reprend sa place.

Le caractère fondu est démoulé, poussé vers l'arrière entre des couteaux de façonnage en L, puis introduit dans un canal composteur M.

A la fin de chaque ligne, tout le contenu du canal est entraîné automatiquement dans une galée N.

La vitesse moyenne est de 90 tours par minute, soit une production d'environ 5 000 caractères à l'heure, en déduisant 3 tours sans fondre à la fin de chaque ligne.

Appareil de lecture.

La rangée zéro des perforations de la bande engrène avec un petit pignon monté sur un cylindre A à sept canelures (*fig. 2*).

Pour chaque tour de la machine, correspondant à un caractère fondu, ce cylindre tourne rapidement d'une dent, puis reste

immobile pour permettre aux sept leviers B de s'abaisser sur la bande. Les becs de ces leviers entrent dans les trous quand il s'en présente, ce qui déplace leur branche supérieure. A ce moment, le levier porte-contacts C pivote autour de D en s'abaissant, et les goujons E dont les numéros correspondent aux leviers B qui ont bougé, établissent des contacts en F.

Or, tous les fils partant des lames conductrices G aboutissent

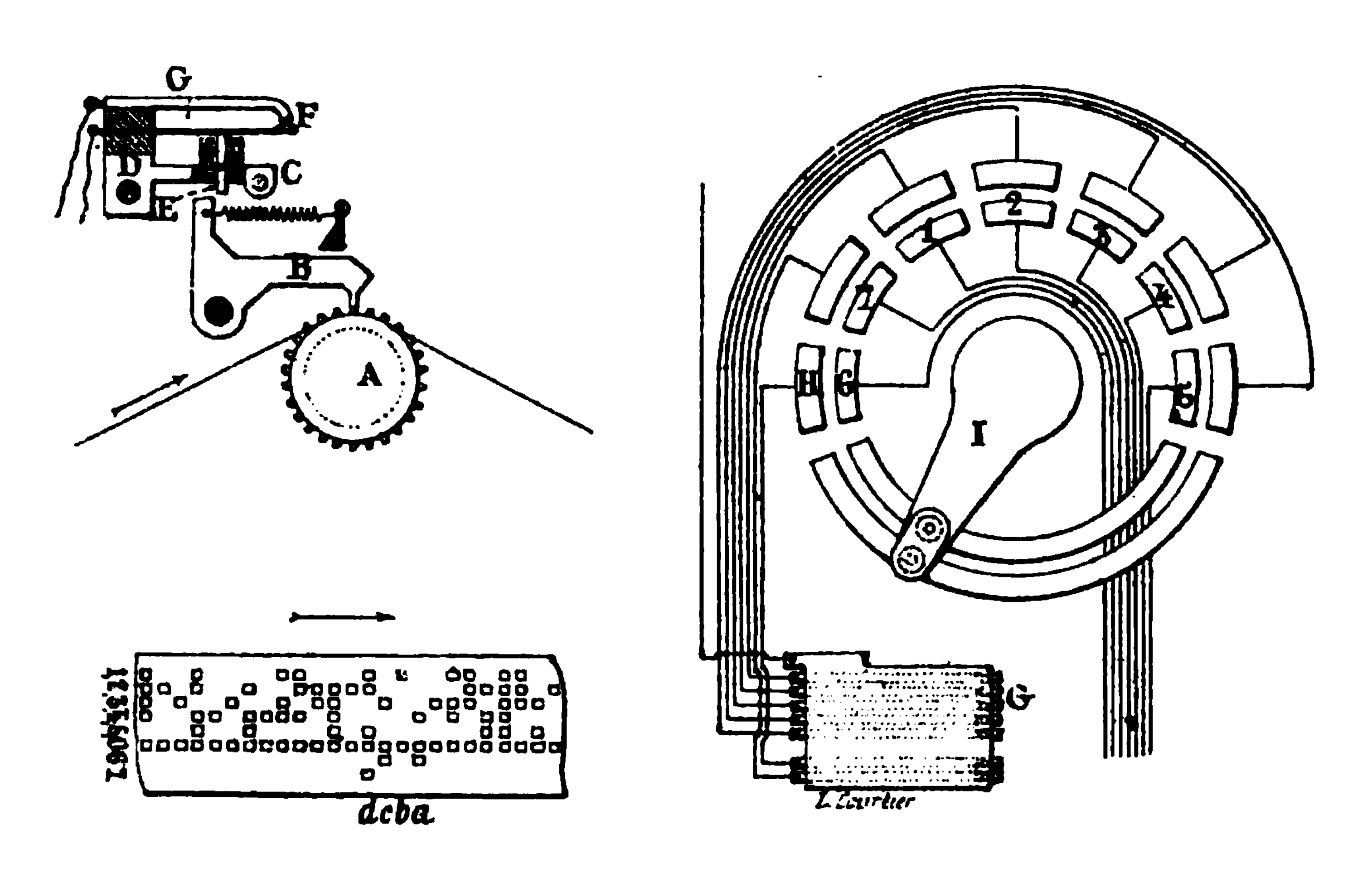


Fig. 2.

aux segments extérieurs H d'un distributeur, dont le bras I, muni de deux contacts à pompe communiquant entre eux, ferme successivement les circuits par les sept paires de segments, dans l'ordre 6, 7, 1, 2, 3, 4, 5. On voit que pendant cette rotation il ne passera de courant que dans les circuits correspondant aux leviers B qui ont rencontré des trous dans la bande.

Il faut remarquer qu'une bande de papier peut supporter 80 ou 100 passages dans l'appareil de lecture ; elle constitue donc un véritable cliché toujours prêt pour une réédition.

Appareil combinateur.

Les fils venant des segments 1, 2, 3, 4, 5 de l'appareil précédent, se rendent dans cinq électro-aimants placés côte à côte. L'armature de chacun d'eux peut attirer un levier A *(fig. 3)*, ce qui a pour effet de décrocher un levier *aiguilleur* B dont le grand bras se place aussitôt verticalement sous l'action de la pesanteur. A chaque tour de la machine, un canal courbe C, situé sur

la jante d'un disque D, vient déplacer les aiguilleurs dont les électros ont fonctionné, et ce déplacement a pour effet de chasser à gauche les leviers *chercheurs* E de mêmes numéros.

Avant qu'aucun électro ait fonctionné, les pieds des cinq chercheurs E frottent sur la jante du disque F; mais malgré une pression qui s'exerce en G, aucun de ces leviers ne peut pénétrer dans les crans H, parce que, grâce à leurs têtes en forme de marteaux qui s'appuient l'une contre l'autre, tous ces leviers sont solidaires et ne peuvent basculer que tous ensemble. Or la jante de F ne présente nulle part cinq crans consécutifs, donc

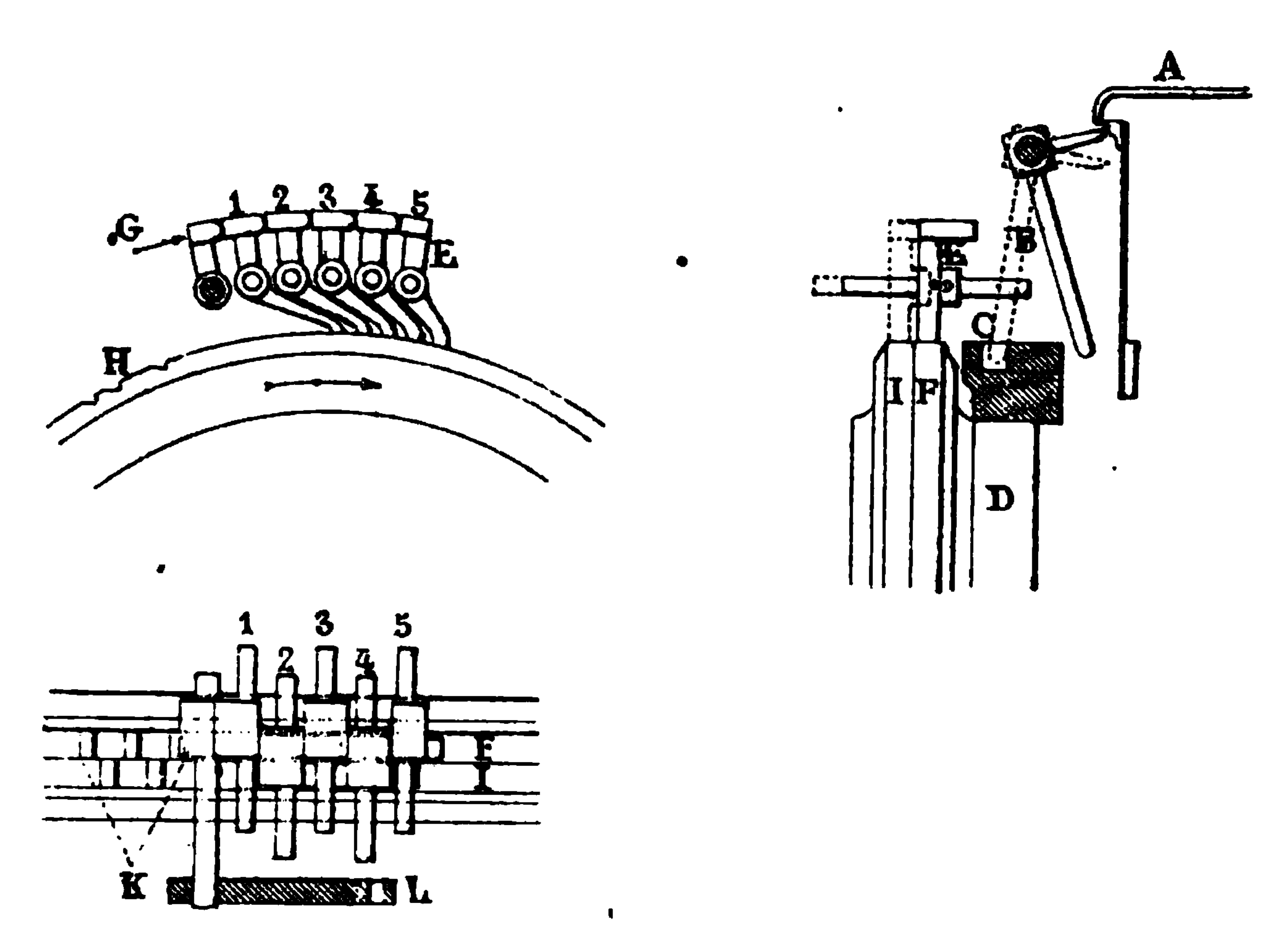


Fig. 3.

les leviers ne bougeront pas. C'est pour cette raison que la jante de F est nommée *voie de repos*.

Si, au contraire, les chercheurs 2 et 4 par exemple ont été déplacés par le jeu des électros de mêmes numéros, et sont passés sur la *voie de travail* I, il se présentera, pendant la rotation des disques, une combinaison de crans telle que K, qui permettra un petit mouvement simultané des cinq chercheurs ; mouvement qui sera transmis au petit levier L.

Il y a 31 combinaisons de crans, réparties sur un arc de 105°.

A la fin de chaque tour des disques, une came repousse tous les chercheurs à leur position initiale : quant aux aiguilleurs, ils sont ramenés à l'accrochage par le canal C aussitôt après avoir fonctionné.

Chariot et noix porte-matrices.

Sur le chariot mobile, se trouve une crémaillère de guidage B (*fig. 4*) dont les 31 divisions, non équidistantes, ont été établies de telle façon que leur passage sous l'organe de déclanchement A soit synchronique du passage des 31 combinaisons de crans des disques de la figure 5 sous les pieds des leviers chercheurs.

L'organe A étant déclanché à un moment déterminé de la course du chariot, s'abaisse rapidement sous l'action d'un fort ressort, et pénètre dans un des creux de la crémaillère B, qui l'entraîne en le faisant tourner, ce qui refoule la tige C, et dé-

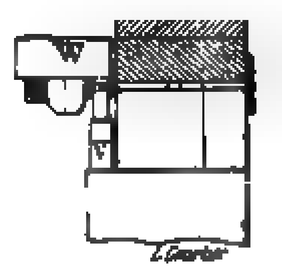


Fig. 4.

place le cliquet Z. Alors le bras D se porte à sa position extérieure indiquée en ponctué.

Pendant la course du chariot vers l'arrière, la noix E vient se placer sur le mandrin carré F qui se porte de suite à droite pour appuyer la noix contre le moule G. Le métal liquide arrive par le bec H du creuset.

Aussitôt après la fonte, le mandrin carré se replace en F, et le bras D reprend sa noix au retour du chariot où il rentre lui-même grâce à une courbe qui agit sur son talon I.

La noix ne reste en contact avec le moule que pendant environ 1/30 de seconde, et cette circonstance, jointe au déplacement continuel des noix dans le courant d'air créé par la marche du chariot, explique leur parfaite résistance à l'échauffement.

Chaque noix, en acier, contient un bloc de cuivre à trois facettes sur lesquelles les matrices sont frappées en creux. La facette médiane est pour la petite lettre, la supérieure pour la majuscule, l'inférieure pour une ponctuation ou un chiffre ; chaque noix correspond à une touche de la machine à écrire.

La présentation de l'une ou de l'autre des facettes extrêmes est obtenue par des rotations de 45° communiquées au mandrin F pendant sa translation vers le moule ; et ces rotations sont provoquées mécaniquement par le jeu d'organes dont l'enclanchement a lieu grâce à deux électro-aimants placés dans les dessous de la machine et recevant les fils nos 6 et 7 du distributeur de la figure 2.

Pendant la fonte, la position de la noix est assurée par des organes de pression qui l'appuient contre des cales fixes suivant les deux coordonnées du plan du caractère ; cela afin d'assurer la précision de ce que les typographes appellent l'*approche* et la *ligne*.

Remarquons encore que les joues en acier qui encadrent le bloc de cuivre soutiennent très bien le bord mince de l'empreinte, ce qui permet de frapper les matrices profondément et d'obtenir des caractères dont l'*œil* est assez haut pour fournir une impression très nette.

Moule.

La cavité de section parallélipipédique dans laquelle se forme le *corps* du caractère est limitée en haut et en bas par des blocs

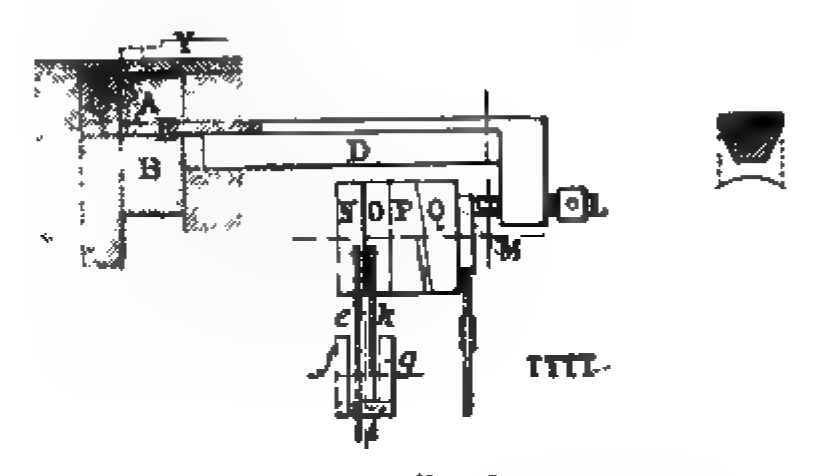


Fig. 5.

fixes A et B (*fig. 5*), en arrière par un tiroir à mouvement vertical C, en avant par un tiroir horizontal D terminé par une pièce de *grain* E que l'on change pour chaque *force de corps*.

L'épaisseur du caractère est déterminée par la butée d'une

tige latérale V (*fig. 4*) montée sur le côté de la pièce de grain, et qui vient s'appuyer contre un bloc W en acier trempé, calibré, qui occupe le fond d'une cavité creusée dans le bloc de cuivre de la noix sur le rayon de chaque matrice.

Le métal est injecté dans le moule sous une pression évaluée à 20 *atm*, qui permet d'obtenir des caractères bien pleins. Le refroidissement a lieu instantanément, grâce à une circulation d'eau dans les parois du moule.

Pour résister à la pression relativement considérable du métal liquide, le tiroir horizontal D est calé, au moment de la fonte, par le coincement contre son talon d'un petit excentrique non figuré.

Façonnage des caractères.

Après la fonte, le caractère est démoulé par le tiroir D, et poussé sur le dessus du tiroir vertical C, lequel s'est abaissé.

Il est ensuite remonté par ce même tiroir, et chassé par le poussoir Y entre une série de couteaux et de fraises qui lui font subir les opérations suivantes : 1° rupture de la masselotte ou queue de fusion trapézoïdale; 2° fraisage d'une rainure à l'emplacement de l'attache de cette queue; 3° rognage des bavures qui pourraient se former accidentellement sur les quatre faces, dans le voisinage de l'œil, si certaines matrices ne joignaient pas très exactement contre le moule. C'est ce que les fondeurs de caractères appellent la *romperie* et la *frotterie*.

Les organes de déplacement des caractères, particulièrement ingénieux, se prêtent à toutes les épaisseurs qui peuvent survenir au cours d'une composition, et qui peuvent varier du simple au quadruple.

Faute d'espace, il nous est impossible d'entrer dans la description de l'appareil pour l'ascension des lignes vers la galée et du mécanisme de la fonte; nous allons donner quelques renseignements sommaires sur la justification des espaces.

Appareil de justification.

Pour fondre une espace, le moule est formé par une noix qui diffère des autres, en ce que son bloc de cuivre ne présente pas d'empreinte : de plus, les trous latéraux de la noix sont percés de part en part, sans contenir le bloc W de la figure 4. La tige V du tiroir de grain n'a plus alors aucune action pour régler l'ouverture du moule, laquelle est dans ce cas déterminée par la

butée d'une vis L *(fig. 5)* qui s'appuie contre une cale M, laquelle s'efface lorsqu'on doit fondre des lettres et non des espaces.

La cale M n'est qu'un intermédiaire, et l'organe qui règle l'avancement du tiroir de grain est constitué par l'ensemble des quatre disques N, O, P, Q, ensemble susceptible de s'écarter ou de se rétrécir par des mouvements de rotation qui s'exécutent avant le commencement de chaque ligne.

Les disques P et Q sont en contact par des rampes hélicoïdales dont le pas est tel qu'une rotation de 1, 2, ... 10 dents du disque P, provoquera un écartement de 1, 2, ... 10 dixièmes de millimètre pour l'appareil.

Les mouvements de Q provoqueraient des rétrécissements. Les disques N et O sont en contact par des couronnes entaillées de gradins dont la saillie est de 1 et de 2 dixièmes, et qui sont disposés de telle sorte qu'une rotation quelconque de N rétrécit l'appareil de 1 dixième, tandis qu'une rotation de O le dilate d'autant.

Ces quatre disques sont pourvus chacun d'une denture à rochet, et leur entraînement est effectué par un arc mobile R, animé, pendant chaque tour de la machine, d'une suite de cinq mouvements alternatifs d'amplitudes variées : les positions hautes S sont toutes les mêmes, mais les positions basses TT... correspondent à des arcs parcourus de mêmes angles que 1, 2, 3, 4 et 10 dents des disques N, O, P, Q.

En face de chaque disque, un cliquet d'entraînement U peut être décroché par le jeu d'un petit levier V mis en mouvement par la tige W fixée à l'armature d'un électro-aimant. Le cliquet décroché engrène avec le rochet sous l'action d'un ressort, action figurée schématiquement par une flèche; et le disque est entraîné.

Le réarmement des cliquets est produit par une tige fixe X pendant la remontée de l'arc.

Enfin, les rotations successives peuvent s'additionner, grâce à des contre-cliquets non figurés, qui empêchent les disques de revenir en arrière. Ce n'est qu'à la fin des lignes que ces contre-cliquets, en basculant, laissent les disques revenir à leur position initiale sous l'action de ressorts spiraux intérieurs.

Si les disques ne font aucun mouvement avant le commencement d'une ligne, leur position est réglée pour fournir des espaces normaux de 15 dixièmes de millimètre.

Prenons l'exemple de la bande de la figure 4.

a est la dernière lettre d'une ligne.

b est le signal d'ascension de la ligne terminée vers la galée l'appareil qui produit cette ascension sert également à bloquer le mécanisme de la fonte pendant trois tours, et à manœuvrer un commutateur électrique qui met les fils du distributeur en connexion, non plus avec les électros de l'appareil des combinaisons, mais avec un appareil à relais qui fermera les circuits utiles sur tels des quatre électros des disques N, O, P ou Q de la justification.

Dans les perforations de justification, le trou 6 signifie correction négative, et le trou 7 correction positive; ces corrections étant comptées à partir de la valeur de l'espace normal de 15 dixièmes.

La file de perforations *e* signifie qu'il faut retrancher (trou 6) 1/10 de millimètre de chacun des trois (trou 3) premières espaces de la ligne. Pour cela, au moment, où le bras du distributeur de la figure 4 passe sur les segments 6, le relai précité amorce un circuit sur l'électro du disque N. Quand le bras passe sur les segments 3, l'électro du disque N est excité juste au moment où l'arc mobile R décrit son mouvement de 3 dents, car il y a synchronisme entre les cinq mouvements de R et les passages du bras du distributeur sur les cinq dernières paires de segments.

La file de perforations *d* signifie qu'il faut ajouter (trou 7) 13 dixièmes à chacun des espaces de la ligne; le nombre 13 est obtenu en additionnant les perforations de 1 à 5 et en attribuant à la cinquième la valeur 10. Quand le bras du distributeur passe sur les segments 7, le relai amorce un circuit sur l'électro du disque P. Quand le bras passe sur les segments 1, 2 et 5, l'électro de P entre en action aux moments où l'arc mobile R décrit ses mouvements de 1, de 2 et de 10 dents.

Aussitôt que l'appareil de justification a pris ses dispositions, le commutateur remet les fils en connexion avec les cinq électros des combinaisons, et la machine commence à fondre la ligne.

Nous allons voir maintenant comment, après la fonte du troisième espace, le disque N cessera d'agir.

En exécutant son mouvement avant le commencement de la ligne, ce disque a entraîné, par une crémaillère *e*, un disque en laiton *f*, contre lequel frotte un contact monté sur un autre disque *g*.

Or, après chaque espace fondu, un appareil spécial de contact, non figuré, envoie un courant par des frotteurs *h* et, par ces deux disques, dans l'électro du disque O, au moment où l'arc R décrit son mouvement d'une dent.

Le disque O se déplace donc d'une dent après chaque espace fondue, et entraîne avec lui, par la crémaillère *k*, le disque *g*. Or, après la troisième espace, le contact de *g* vient retrouver sur *f* une touche non conductrice *m*, sur laquelle il était appuyé avant le commencement de la ligne : tout passage ultérieur de courant est dès lors empêché jusqu'à la fin de la ligne. En même temps, les disques N et O, grâce à la disposition de leurs gradins, ont repris une position relative telle qu'ils ne donnent plus aucune correction.

Il resterait encore beaucoup à dire sur cette ingénieuse machine, mais l'espace nous fait défaut: citons seulement un appareil de débrayage automatique qui arrête la machine à la fin des bandes perforées et dans le cas où se produiraient certaines négligences de l'ouvrier fondeur.

Enfin, les inventeurs sont sur le point de réaliser la transmission télégraphique de la bande grâce à un appareil dérivé de Baudot, qui est en ce moment en essais; un article de journal composé à Paris pourra être imprimé à la même heure dans différentes villes de province.

ÉVALUATION DE LA CONSOMMATION
DANS LES MOTEURS A GAZ

PAR

M. Jules DESCHAMPS

Dans les différents ouvrages traitant des moteurs à gaz, on a défini, pour comparer les moteurs entre eux, différents coefficients que l'on a appelés le rendement thermique, le rendement organique, le rendement générique, les rendements économique, théorique, le coefficient d'utilité pratique, le coefficient générique, etc.

Ces différentes quantités sont, pour la plupart, d'une évaluation difficile et incertaine; elles correspondent à des conceptions des plus discutables, amènent des idées confuses, et je crois qu'aujourd'hui où les moteurs à gaz préoccupent si vivement le monde industriel, il est nécessaire de discuter leur emploi.

On appelle rendement thermique, le rapport entre le travail que fournit le moteur, travail estimé en calories, et le pouvoir calorifique du combustible employé.

Il y a beaucoup de sortes de rendements thermiques, parce qu'on peut évaluer le pouvoir calorifique d'une grande quantité de manières à pression, à volume, à température constante, ou bien avec la vapeur condensée, ou non condensée, et que l'on peut considérer le travail effectif, ou le travail indiqué.

Cependant, le rendement thermique répond à une idée assez précise et il a une signification, si l'on établit, d'une façon nette, quelles sont les conditions dans lesquelles on s'est placé pour l'évaluer.

Toutefois, le rendement thermique est différent pour un même moteur suivant la puissance à laquelle le moteur est employé.

Ce n'est pas une constante du moteur, et, dans ces conditions, on ne peut pas comparer deux moteurs, toutes choses égales d'ailleurs, par leur rendement thermique.

Le rendement organique, qui est le rapport du travail effectif au travail indiqué, est sujet à la même critique.

Quant au rendement générique, il n'a, au point de vue scientifique, aucune signification, et sa conception repose sur une erreur.

Je ne parlerai pas des autres coefficients.

Quand on étudie le fonctionnement d'un moteur, ce que l'on cherche surtout à connaître, c'est la consommation de ce moteur pour chaque puissance.

Il existe évidemment une relation entre la consommation et la puissance, pour un même combustible.

On peut l'établir, par une série d'expériences, et former, ainsi, un tableau ou un graphique, qui représente le fonctionnement du moteur.

Il est tout naturel que l'on ait cherché à simplifier l'opération et à pouvoir caractériser le moteur par quelques coefficients.

On ne peut, à cet usage, utiliser la connaissance du rendement thermique, ou du rendement organique.

Le rendement organique étant le rapport du travail effectif au travail indiqué, est nul quand on marche à vide.

Dans un moteur ordinaire, pouvant faire 100 *ch* par exemple, il pourra être de 24 0/0, quand le moteur fera 10 *ch*, de 60 0/0 quand il en fera 50, et de 85 0/0 quand il fera 100 *ch*.

En admettant qu'il soit de 85 0/0 pour 100 *ch*, il serait de 80 ou 90 0/0, suivant que l'on essaierait le moteur à 90 *ch*, par prudence, et qu'on oserait en exagérer la marche jusqu'à 110 *ch*.

On comprend, dans ces conditions, combien on a, devant soi, un renseignement de peu de valeur, lorsqu'on connait le rendement organique d'un moteur à gaz, combien il est facile à l'expérimentateur de se laisser influencer dans son évaluation.

Le rendement thermique est d'une incertitude tout aussi grande.

S'il s'agit du rendement thermique en travail effectif, la valeur en varie de la même manière que ci-dessus. Il y a des écarts de 5 et 10 0/0 suivant que le moteur est essayé légèrement au-dessus, ou légèrement au-dessous, de sa puissance nominale.

S'il s'agit du rendement en travail indiqué, les chiffres subissent moins de variation. Elles sont encore considérables. D'ailleurs, le travail indiqué ne présente aucun intérêt pour l'employeur.

Par l'examen de ce rendement, et du rendement organique, on a deux chiffres avec lesquels il est impossible d'établir le

calcul de la consommation du moteur travaillant suivant une puissance déterminée.

Il est cependant très nécessaire de connaître sa variation.

On peut chercher à définir deux coefficients qui donneraient satisfaction.

En effet, si l'on établit un graphique, en portant, en ordonnée, la consommation, en abcisse, la puissance effective, il est rare que la courbe s'éloigne beaucoup d'une ligne droite.

C'est une règle qui a été vérifiée par presque tous ceux qui se sont occupés de moteurs, et, dernièrement, après les essais que M. Ringelmann a exécutés sur des moteurs à alcool, il a montré une série de graphiques semblables représentant la consommation de tous les moteurs essayés, et a envoyé, en ce sens, une note à l'Académie des Sciences.

Pour le moteur Niel, par exemple, dont la description vient d'être présentée par M. Moreau, j'ai, moi-même, signalé, il y a six mois, une formule linéaire qui m'avait donné la consommation à pleine charge, à vide, et à demi-charge avec un écart de 1 0/0 environ, c'est-à-dire, une exactitude très suffisante par rapport à la précision de l'expérience, la formule que j'avais obtenue était :

$$C_n = 9125 + 250n$$

C_n représentait la consommation en litres de gaz, et n la puissance effective. Les chiffres relevés dans les essais qui ont été faits par MM. Moreau et Witz, ne sont pas tout à fait concordants avec les miens, mais, en établissant une formule analogue avec ceux-ci, on peut relier les consommations à charge, à demi-charge et à vide, avec une approximation au moins égale. Les paramètres diffèrent seulement un peu.

L'on ne doit pas admettre que la consommation d'un moteur est exactement une fonction linéaire de la puissance, parce qu'il entre en jeu, dans le fonctionnement d'un moteur, une grande quantité de paramètres, et qu'il faut se contenter de formules approchées.

Il n'est pas moins vrai que, pour chaque moteur marchant à sa vitesse de régime, on peut établir une formule analogue, en relevant, par exemple, la consommation à vide et la consommation à la marche normale du moteur.

On possède, ainsi, deux paramètres, l'un fourni par la consommation à vide, l'autre par l'excédent de la consommation rele-

vée en marche, sur la consommation à vide, divisée par la puissance employée et que l'on peut appeler consommation réduite par cheval.

L'examen de ces quantités présente un réel intérêt parce qu'il permet, à très peu de choses près, de connaître la consommation d'un moteur, pour n'importe quelle puissance.

Si nous appelons C_V, C_n et C_N les consommations horaires d'un moteur à vide, quand il fournit n, ou N chevaux, nous avons donc la relation :

$$C_n = C_V + \frac{n}{N}(C_N - C_V). \qquad (1)$$

Nous pouvons choisir, pour N, une allure déterminée, par exemple celle du moteur à pleine charge.

La variation qu'il peut y avoir, dans le choix de ce qui constitue l'état de pleine charge, n'a d'ailleurs aucune influence sur la formule.

On peut écrire celle-ci, d'une autre manière en divisant par n.

$$\frac{C_n}{n} = \frac{1}{n}C_V + \frac{1}{N}(C_N - C_V). \qquad (2)$$

M. Ringelmann a signalé cette forme dans sa note à l'Académie des Sciences.

$\frac{C_n}{n}$, c'est la consommation par cheval, qu'il intitule consommation spécifique.

Les courbes construites pour donner $\frac{C_n}{n}$ en fonction de n sont alors des hyperboles équilatères.

Cela amène une complication singulière dans les tableaux de comparaison des courbes de plusieurs moteurs, où se trouve tout un réseau d'hyperboles équilatères.

J'aime toujours mieux, pour ma part, comparer des droites qui se prêtent tout aussi bien à la comparaison.

En outre, les deux coefficients sont les mêmes aux formules (1) et (2) et ils ont une signification évidente, lorsqu'on considère une droite :

C_V, c'est la valeur de l'ordonnée pour $n = 0$ et $C_N - C_V$, la différence des ordonnées pour $n = 0$ et $n = N$, enfin $\frac{C_N - C_V}{N}$, c'est la tangente de l'angle de la droite avec l'axe des X.

Les deux formules ci-dessus ont un inconvénient, c'est que les

paramètres ne sont pas des nombres, c'est-à-dire que, si l'on les évalue, d'après les unités de longueur L, de masse M, de temps T, ils ne sont pas de la forme $L^oM^oT^o$.

Or, il convient, autant que possible, d'avoir des coefficients répondant à cette condition, de façon qu'ils soient indépendants du choix de ces unités, et qu'ils se trouvent, ainsi, être les mêmes, quelle que soit la grandeur des machines semblables, au sens mécanique du mot.

En divisant les termes par C_N, on met l'équation (1) sous la forme :

$$\frac{C_n}{C_N} = \frac{C_V}{C_N} + \frac{n}{N}\left(1 - \frac{C_V}{C_N}\right). \qquad (3)$$

Cette équation est intéressante au point de vue mécanique. Elle ne contient plus qu'un seul paramètre $\frac{C_V}{C_N}$.

Le coefficient $\frac{C_V}{C_N}$ est évidemment de l'ordre zéro en unités longueur, masse et temps, et a ainsi une valeur indépendante de la grandeur des moteurs, la même pour tous les moteurs semblables.

L'équation (3) signifie alors, que le rapport des consommations d'un moteur, à une charge quelconque, à celui de la marche à pleine charge ne dépend pas de la puissance du moteur, mais seulement du rapport des puissances, pour un même type de moteurs.

Comme, d'autre part, C_N et N sont du même ordre des unités, on peut généraliser la formule en disant que la consommation doit être indépendante de la grandeur du moteur pour une puissance qui est une même fraction de la puissance à pleine charge.

On obtient une formule bien plus satisfaisante, à mon avis, en écrivant ainsi l'équation (1) :

$$C_n = N\left(\frac{C_V}{N}\right) + n\left(\frac{C_N - C_V}{N}\right). \qquad (4)$$

Dans cette relation les paramètres sont $\frac{C_V}{N}$ que j'appelle *la consommation spécifique à vide*, et $\frac{C_N - C_V}{N}$ dont j'ai déjà montré plus haut la signification géométrique et que j'ai déjà appelé *la consommation réduite par cheval*.

Ces deux coefficients sont, tous deux, indépendants de la gran-

deur du moteur, et sont les mêmes pour toute une famille de moteurs semblables, au sens mécanique du mot.

M. Ringelmann dit encore, dans la note à laquelle j'ai fait allusion, que la consommation à vide dépend de la construction du moteur, et que le rapport $\frac{C_N - C_V}{N}$ ne dépend que du combustible.

Je crois que tous ceux qui sont occupés de la théorie des moteurs à gaz protesteront contre cette dernière affirmation, à l'appui de laquelle aucune raison ne me semble être invoquée.

Il est peut-être nécessaire de rappeler le sens de l'équation de similitude que M. Joseph Bertrand a mis en évidence, dont l'application a déjà été faite pour les machines à vapeur et dont j'ai déjà signalées conséquences, pour les moteurs à gaz.

Si l'on appelle λ, le rapport de deux unités de longueur, μ, le rapport de deux unités de masse, τ, le rapport de deux unités de temps et φ, le rapport de deux unités de force, et que l'on compare deux machines semblables, on a nécessairement la relation :

$$\frac{\mu\lambda}{\tau^2} = \varphi \qquad (5)$$

entre les quatre valeurs,

C'est ce qui constitue l'équation de similitude.

Cette équation n'est jamais applicable qu'aux pièces en mouvement. Il ne faut donc s'en servir que pour comparer les pistons, par exemple, de deux moteurs à gaz et ce serait un raisonnement faux que de s'en servir pour comparer les épaisseurs des parois des cylindres.

Ceci dit, si l'on examine deux moteurs à gaz marchant dans les mêmes conditions, et géométriquement semblables, on doit admettre que les gaz seront comprimés de la même manière, et auront, au même moment, les mêmes pressions spécifiques.

Ceci introduit, entre φ et λ, la relation nécessaire :

$$\frac{\varphi}{\lambda^2} = A. \qquad (6)$$

De même, puisque le métal des pièces mobiles sera le même, il y aura, entre la masse et le volume des pièces, une autre relation nécessaire :

$$\frac{\mu}{\lambda^3} = B, \qquad (7)$$

A et B étant des constantes.

De ces deux relations et de la loi de similitude, on déduit :

$$\frac{\lambda^2}{\tau^2} = \frac{A}{B} \qquad (8)$$

qui montre que la vitesse linéaire doit être une constante.

La pratique vérifie complètement cette loi, que j'ai déjà signalée en 1900, en comparant le plus gros moteur de cette époque (Cockerill), avec le plus petit (de Dion et Bouton), pour lesquels la vitesse du piston était à très peu de chose près la même, malgré les différences considérables entre les nombres des tours à la minute.

Il y aurait un très grand intérêt à ce que les conséquences de la loi de similitude soient mieux utilisées, dans la construction des moteurs à gaz, et qu'en particulier les constructeurs cherchent à calculer le nombre de tours de leurs machines d'après cette loi.

Ils ne construiraient pas, ainsi, des moteurs de petite puissance, marchant beaucoup trop lentement, et dont le rendement se trouve très affaibli, et cette idée fausse que le rendement des moteurs doit être d'autant meilleur que les machines sont plus puissantes se trouve précisément détruite si l'on examine la formule (4).

En utilisant la formule 8, on voit que N, qui est le quotient d'un travail par un temps, peut être représenté, à une constante près, pour des moteurs semblables, par le carré d'une longueur, par exemple, par celui de la course du piston, ou du diamètre du cylindre.

Ceci permet de retirer toute indécision à la valeur N et d'éviter que le coefficient $\frac{C_v}{N}$ puisse être incertain, ainsi que je le reprochais plus haut au rendement thermique.

En pratique, on peut grossièrement évaluer la puissance nominale d'un moteur, d'après le diamètre du cylindre, par la formule :

$$N = \left[\frac{D}{5}\right]^2, \qquad (9)$$

N évalué en chevaux, D en centimètres.

Ceci ne s'applique, bien entendu, qu'aux moteurs où la course et le diamètre du piston sont dans le rapport constant que l'usage fait généralement prévaloir.

Si l'on admet que la consommation d'un moteur à gaz se rapproche beaucoup de la valeur que donnerait une relation linéaire en fonction de la puissance, on peut en déduire certaines conséquences assez intéressantes.

C'est ainsi qu'il devient évident que, lorsque plusieurs moteurs, marchant simultanément, doivent fournir une puissance totale déterminée, il n'y a aucune importance à ce qu'ils soient réglés de la même manière, ou d'une manière différente.

C'est ainsi, par exemple, que, si trois moteurs de 100 *ch* doivent fournir 225 *ch*, la consommation sera la même si deux moteurs marchent à pleine charge et que le troisième ne donne que 25 *ch*, ou si chacun des trois fournit 75 *ch*, ou de tout autre manière.

Ce qu'il faut, pour obtenir le minimum de consommation, c'est que l'on mette en marche le minimum possible de la puissance motrice nominale.

Si les machines ne doivent fournir que 190 *ch*, par exemple, la consommation varie d'une façon très importante, suivant que cette puissance est fournie par deux moteurs ou par trois moteurs de 100 *ch*.

Dans ce dernier cas, on dépense, en excédent, la consommation à vide d'un moteur, soit 1/6 environ de la consommation totale des trois moteurs en pleine charge, et 1/4 de la consommation de deux moteurs.

Cette considération en amène tout de suite une autre. C'est qu'il y a intérêt, pour le rendement, à diviser, le plus possible, la force motrice.

Si j'admets que la façon dont la puissance est répartie dans les moteurs en marche est indifférente, je puis toujours considérer un certain nombre de moteurs marchant en pleine charge, plus un moteur en marche réduite.

Les premiers donnent le maximum de rendement, il n'y a d'imperfection que dans le dernier.

Plus petites seront les unités employées, ou, si l'on préfère, plus divisée sera la puissance totale, et moindre sera l'importance du mauvais rendement de l'unité qui fonctionne à charge réduite.

Lorsqu'on connait, pour chaque moteur, la consommation spécifique à vide et la consommation réduite par cheval, il est facile de savoir quelle est la consommation moyenne que l'on obtiendra lorsque la puissance demandée variera suivant la demande, tandis qu'avec l'examen du rendement thermique, on pourra,

tout au plus, établir un minimum de consommation qui donnera parfois quelques déceptions.

Or, les déceptions doivent être beaucoup moindres que dans une installation de machines à vapeur.

Il y a, en effet, avec les moteurs à gaz, beaucoup moins d'écart entre la consommation en marche industrielle, et la consommation aux essais. Il n'en aurait pas, si les essais étaient faits d'une façon rationnelle, ce que, pour ma part, j'ai rarement rencontré, et l'on pourrait calculer d'avance, par le moyen que j'indique, à très peu près, la consommation à toutes les allures.

D'autre part, le rendement des moteurs à gaz semble, à partir de 50 *ch* environ, ne plus s'améliorer quand la puissance nominale augmente, on peut donc trouver, dans les considérations qui précèdent, un puissant argument, en faveur de la division de la force motrice, en petites unités semblables.

Ceci montre, une fois de plus, combien il y a lieu, avec les moteurs à gaz, de s'inspirer d'idées différentes, de celles qui guident le plus souvent ceux qui s'occupent d'installations de machines à vapeur.

Les critiques que je viens de faire, ne touchent que l'intérêt pratique de l'évaluation de la consommation des moteurs à gaz, c'est, au contraire, la vérité scientifique des considérations invoquées que je discuterai, pour parler du rendement générique.

On a, ainsi, comparé le rendement d'un moteur à gaz, avec celui que pourrait atteindre un moteur thermique, dans lequel les gaz évolueraient entre les mêmes températures, maxima et minima, que dans le moteur à gaz considéré, mais en parcourant un cycle de Carnot.

Je commence, d'abord, par rappeler que la loi de Carnot n'est applicable qu'à un cycle fermé et réversible, c'est-à-dire lorsque la masse gazeuse considérée se trouve, à la fin de l'évolution, ramenée dans son état originel, et qu'il serait possible de lui faire parcourir le même chemin en sens contraire, en passant successivement par tous les états dans lesquels elle s'est trouvée.

Dans un moteur à gaz, les gaz ne parcourent pas un cycle, car les gaz brûlés sont absolument différents du mélange combustible introduit dans le moteur.

D'autre part, aucune opération n'est plus irréversible, qu'une explosion, où il y a rupture d'équilibre, et l'on n'imagine pas le phénomène inverse.

Il n'y a donc pas de cycle de Carnot parcouru et la double sommation des éléments $\frac{dq}{T}$ n'a pas une valeur nulle en l'intégrant suivant la série des transformations.

J'ai pu réussir, même, à évaluer (1) cette quantité, où les éléments négatifs peuvent avoir une valeur double des éléments positifs.

En tout cas, ce qu'il importe de ne pas oublier, c'est que non seulement la loi de Carnot est inapplicable, mais que son application donnerait une équation absolument fausse.

Il n'y a pas de discussion possible à ce sujet.

Certains ont pensé que, si l'évolution dans un moteur à gaz était effectivement telle que l'on ne pouvait pas la comparer à un cycle de Carnot, il n'en était pas moins vrai que l'on pouvait envisager un cycle semblable entre les deux températures extrêmes, qu'atteignent les gaz dans leur évolution, que le rendement du moteur à gaz, était, en tout cas, inférieur au rendement qu'un moteur thermique, employé dans ces conditions, pourrait théoriquement atteindre, qu'il avait donc là une limite supérieure.

Ces premières hypothèses sont peut-être acceptables, mais on a imaginé, en outre, que le rendement d'un semblable cycle, entre la température la plus haute et la température la plus basse que les gaz atteignent, était évaluable, et qu'il serait intéressant de comparer le rendement obtenu, à ce maximum idéal, afin d'avoir une notion du perfectionnement, que l'on peut espérer atteindre.

Il y a là une erreur complète, qui provient d'un cercle vicieux, dans le raisonnement et que je crois utile de signaler.

Dans l'état actuel de la science, sauf pour les températures ordinaires de la vapeur dans les machines à vapeur, celles où la loi de Mariotte est bien vérifiée et les chaleurs spécifiques bien évaluées, il est impossible de connaître le rendement que l'on peut obtenir entre deux températures, comme celle de la fusion de l'argent et de la glace fondante, par exemple, parce que, d'après la définition donnée en thermodynamique, on ignore absolument la température absolue de la fusion de l'argent, et, *a fortiori*, celle que peuvent atteindre les gaz dans un moteur à gaz.

Il ne faut pas oublier que toute la Thermodynamique repose

(1) *Les grands moteurs à gaz; La théorie des moteurs à gaz*. Veuve Ch. Dunod, éditeur, Paris.

sur les deux lois de Carnot et de la conservation de l'énergie et que la définition même de la température absolue n'est donnée que par la loi de Carnot.

Les démonstrations du principe de Carnot, les plus parfaites, celle de M. Poincaré, en particulier, établissent seulement qu'il y a une relation certaine, entre les quantités de chaleur reçue ou abandonnée, suivant les isothermes, lorsqu'un corps parcourt un cycle de Carnot et que ces quantités sont proportionnelles *à une certaine fonction non définie de la température* si l'on considère la température comme déterminée, par exemple, par la dilatation des gaz parfaits.

On a admis, *par hypothèse*, que cette fonction de la température, que l'on appelle la température absolue, était une équation linéaire de la température habituellement mesurée et les vérifications, qui ont pu être obtenues avec le cycle réalisé dans les machines à vapeur, ont confirmé cette hypothèse, sans rigueur et dans les limites très restreintes, où l'on pouvait s'appuyer sur leur calcul.

Si cette hypothèse a ainsi semblé se vérifier entre 0 et 300°, par exemple, il y a beaucoup d'autres hypothèses, au moins aussi séduisantes, qui se vérifient dans les mêmes limites. C'est ainsi que l'on a cru longtemps que les chaleurs spécifiques étaient constantes.

Mais, on a vérifié que, aux hautes températures, ainsi définies et évaluées par la dilatation de l'air, les chaleurs spécifiques variaient très rapidement et toutes les hypothèses que l'on a faites sur la constance d'autres grandeurs que la dilatation de l'air ont dû être abandonnées.

Il n'y a aucune raison bien sérieuse, semble-t-il, de critiquer le choix de la méthode que l'on a adoptée dans la pratique, pour l'évaluation de la température. Elle se prête très bien aux mesures. Mais, on ne peut pas étendre rigoureusement, aux hautes températures, l'hypothèse que la température absolue est proportionnelle à la température en degrés centigrades, plus 273°.

Il faut bien comprendre que, par cela même que le principe de Carnot sert de définition, en thermodynamique, à la température absolue, on ne peut appliquer la loi de Carnot, entre deux températures, qu'à la condition qu'il y ait une autre loi qui permette d'établir la valeur numérique de ces températures ou que la valeur des chiffres adoptés, pour l'évaluation de ces tempéra-

tures, ait été vérifiée, en appliquant la loi de Carnot, à un corps évoluant à ces mêmes températures.

En raisonnant d'une autre manière, on est certain de faire un cercle vicieux.

La valeur de cette objection s'étend à tous les cas où l'on croit pouvoir appliquer la loi de Carnot, à des températures élevées.

De fait, au sens de la définition thermodynamique de la température, nous ignorons absolument la valeur des températures élevées.

Cette considération a une certaine importance pour la théorie des moteurs à gaz.

En parlant du rendement générique, c'est-à-dire du rapport que l'on obtient en comparant le rendement thermique d'un moteur à gaz avec celui que pourrait fournir un moteur, où le corps dilaté fonctionnerait, suivant un cycle de Carnot, entre les mêmes températures extrêmes, on montre, aux constructeurs de moteurs de moteurs thermiques, et aux inventeurs, le chemin qui reste à parcourir pour perfectionner leurs appareils.

J'avoue, pour ma part, ne pas considérer comme évaluable ce rendement théorique d'un moteur thermique parfait.

Aussi, je crois qu'il est dangereux de faire des spéculations sur l'amélioration que les moteurs à gaz sont susceptibles de recueillir, en se basant sur de semblables considérations.

Cependant, il ne faut pas craindre de donner des indications aux constructeurs, et c'est aux théoriciens à montrer la voie.

C'est ainsi que tous ceux qui s'occupent de moteurs à gaz ont, avec succès, poussé les inventeurs, ces dernières années, à augmenter, autant que possible, la compression préalable.

J'en ai moi-même montré l'avantage en ne me basant pas sur la loi de Carnot.

Il semble que l'examen de la formule approchée de la consommation et de la valeur des deux paramètres peut aussi donner, comme indication, que ce qu'il faut surtout chercher à améliorer, c'est la consommation spécifique à vide, c'est le rapport $\frac{C_v}{N}$.

La consommation réduite par cheval est, en effet, assez faible, et le travail ainsi obtenu, évalué en calories, atteint presque la moitié du nombre des calories dépensées.

Il y a là une remarquable transformation de chaleur en travail, qui vaut qu'on la signale.

Ce serait cependant une erreur de considérer ce qui se passe, dans un moteur, seulement à ce point de vue.

Il n'y a pas superposition de la consommation en marche à vide, et de la transformation en travail, car les conditions de marche à pleine charge sont différentes de celles de la marche à vide.

Il faudrait faire toute une série de recherches pour savoir comment se fait le départ de la consommation en calories aux diverses allures.

J'espère éclaircir ce sujet par des expériences prochaines que je dois faire aux nouveaux laboratoires du Conservatoire des Arts et Métiers.

L'ALUMINOTHERMIE

ET

SES APPLICATIONS

PAR

H. BERTIN

PREMIÈRE PARTIE

INDICATIONS PRÉLIMINAIRES

a. — Principe de l'aluminothermie.

A un composé métallique pulvérulent : oxyde, sulfure, etc., mélangeons intimement un métal en poudre dont l'affinité pour l'oxygène, le soufre, etc., est plus grande que celle du métal combiné, puis chauffons le mélange ; dès que la masse atteint une certaine température, qui dépend de la nature des corps mis en présence, il se produit une réaction avec dégagement de chaleur : le corps oxygéné ou sulfuré est décomposé avec mise en liberté du métal qui était en combinaison, tandis que l'oxygène ou le soufre se combine au métal libre, agissant comme réducteur.

On pourrait voir là un procédé métallurgique pour l'extraction de certains métaux, sans le secours du charbon. Mais la réaction se produit toujours avec une telle violence qu'il en résulte, d'une part, des projections dangereuses qui entraînent la perte d'une partie des corps mis en présence, et, d'autre part, une destruction rapide des récipients ou enveloppes contenant le mélange.

Toutefois, M. le docteur Hans Goldschmidt, d'Essen-sur-Ruhr, a reconnu qu'il n'en était plus de même et que l'inconvénient susindiqué disparaissait si, au lieu de chauffer toute la masse, on se contentait *d'amorcer* la réaction en portant un point de cette masse à la température voulue : avec un mélange convenable, la chaleur dégagée par la réaction locale qui se produit alors est

suffisante pour porter les points voisins à la température de réaction, de sorte que l'action du métal réducteur se propage progressivement dans toute la masse, ***sans apport de chaleur d'une source extérieure.***

b. — Origine du mot aluminothermie.

M. Goldschmidt a donné le nom d'aluminothermie à un procédé, applicable à la réduction des métaux et au chauffage des pièces métalliques, qui est basé sur cette réaction exothermique progressive et pour ainsi dire spontanée ; ce nom a été choisi parce que l'aluminium a été reconnu comme étant le métal d'un prix abordable qui, par suite de son affinité pour l'oxygène ou de la grande quantité de chaleur dégagée lors de sa combustion, convient le mieux, dans la majorité des cas, comme agent réducteur pour l'application pratique du procédé.

D'après les récentes recherches de M. Strauss, d'Essen, la chaleur de combustion de l'aluminium s'élève, en effet, à 7 140 calories ; elle vient, par conséquent, immédiatement après celles de l'hydrogène et du carbone et est supérieure à celle des autres métaux ou métalloïdes, comme le montrent les chiffres suivants :

Chaleur de combustion pour 1 kg *de métal :*

Hydrogène . .	34 200	calories.	Fer . . .	1 352	calories.
Carbone . . .	8 317	—	Zinc . . .	1 314	—
Aluminium . .	7 140	—	Arsenic .	1 030	—
Magnésium . .	6 070	—	Étain . .	574	—
Phosphore . .	5 964	—	Cuivre . .	321	—
Sodium. . . .	3 293	—	Plomb . .	243	—
Calcium . . .	3 284	—	Bismuth .	95	—
Soufre	2 200	—	Argent. .	27	—

Néanmoins, l'aluminium peut et doit même quelquefois être remplacé par un autre métal ; c'est ainsi que, pour certaines applications, il conviendra d'employer le magnésium, dont la chaleur de combustion est voisine de celle de l'aluminium.

Le champ d'expérience offert par l'aluminothermie est donc plus vaste que ne l'indique le nom donné à l'origine au procédé et que l'on conserve aujourd'hui.

c. — Applications.

Bien que le procédé aluminothermique soit d'invention relativement récente, les applications déjà étudiées en sont très nombreuses et très variées.

En 1895, des brevets furent pris en Allemagne, en France et ailleurs, au nom Goldschmidt et au nom Deissler, pour un procédé de préparation aluminothermique de certains métaux et de leurs alliages et pour un procédé de chauffage aluminothermique des métaux en vue de diverses applications, notamment de leur soudure ; les perfectionnements apportés aux méthodes primitivement employées firent ensuite l'objet de nouveaux brevets et l'on peut dire qu'aujourd'hui le procédé aluminothermique est entré dans la pratique courante pour la soudure des pièces métalliques, la réparation des pièces forgées et coulées, la fabrication de pièces de rechange complètes, la préparation des métaux et alliages purs, exempts de carbone, etc.

Mentionnons encore que, par réaction de l'aluminium sur les oxydes, le procédé aluminothermique donne lieu à la production, comme sous-produit, de corindon artificiel.

Indiquons enfin que, récemment, M. le docteur Wolff proposa d'appliquer ce procédé à la production du carbure de calcium, sans emploi du courant électrique.

d. — Avantages du procédé.

Si l'aluminothermie a pu ainsi prendre sa place parmi les procédés courants de la métallurgie, c'est qu'elle offre, dans bien des cas, de réels avantages, dont voici les principaux :

1° Les métaux et les alliages préparés par ce procédé sont exempts d'impuretés et notamment de charbon, puisque cet élément n'entre pas dans le mélange de réaction. Ils seraient même presque exempts d'aluminium, ce qui est d'autant plus remarquable que ce corps est classé parmi les métaux les plus alliables ;

2° D'après M. Goldschmidt, par l'emploi d'oxydes convenablement choisis, on peut obtenir, sans appareils encombrants, les plus fortes températures qu'il soit possible d'atteindre, même électriquement (1). D'un autre côté, les sulfures donnent, au

(1) Ces températures ne peuvent être évaluées que d'une façon approximative en se servant du thermomètre de Wyborgh, dont les indications ne peuvent d'ailleurs reposer que sur une extrapolation, et ne doivent, par conséquent, être considérées que comme des valeurs comparatives.

contraire, les basses températures que l'on peut désirer pour certaines applications ;

3° Il est possible de déterminer à l'avance, rigoureusement et à volonté, dans les limites les plus étendues, la *chaleur dégagée* par la réaction ; cette quantité de chaleur ne dépend, en effet, que de la nature et de la quantité des corps mis en présence. Il est possible également de régler la *température* obtenue, qui dépend de la chaleur dégagée et de la masse de matière sur laquelle elle se répartit.

On peut donc toujours facilement tenir compte des données de l'opération à effectuer : volume des pièces à chauffer, épaisseur des tôles, longueur des barres et des tubes à souder, nature des pièces à braser (fer ou cuivre), nature de la soudure à porter à son point de fusion, etc.

Il est inutile d'insister ici sur les autres avantages de l'aluminothermie, parce qu'ils apparaîtront à la lecture des modes d'application que nous allons passer en revue.

DEUXIÈME PARTIE

MODES D'APPLICATION DU PROCÉDÉ

A. — Généralités.

a. — Matières a employer.

Les matières à employer sont de trois sortes : les corps réducteurs, les composés à réduire et les matières additionnelles.

Corps réducteurs. — Nous avons dit déjà que, outre l'aluminium, on disposait d'un nombre relativement grand de corps réducteurs pour appliquer le procédé aluminothermique aux différents cas de la pratique. Leur choix est imposé par les circonstances et nous n'avons pas à y insister ici. Faisons simplement remarquer que, pour toutes les applications qui ne nécessitent pas la production de métaux purs (chauffage, soudure, etc.), il est inutile de se servir d'aluminium pur. Il suffit de prendre de l'aluminium brut tiré directement de la bauxite et contenant une certaine proportion de fer et de silicium.

Composés à réduire. — Les oxydes et les sulfures sont les plus employés, mais on utilise aussi quelquefois les sulfates, les carbonates, les sels halogènes, les aluns, etc. Dans tous les cas, il est bon que le corps choisi soit employé à l'état de poudre sèche et anhydre.

Si l'on a affaire à un oxyde, la réaction peut être formulée, à titre d'exemples, par l'une ou l'autre des équations suivantes :

$$Fe^2O^3 + 2Al = 2Fe + Al^2O^3,$$
$$Cr^2O^3 + 2Al = 2Cr + Al^2O^3,$$
$$3BaO^2 + 4Al = 3Ba + 2Al^2O^3,$$
$$SiO^2 + 2Mg = Si + 2MgO.$$

La température produite par ces réactions est toujours très élevée.

Dans le cas de l'emploi d'un sulfure, la réaction peut être représentée par l'une ou l'autre des équations suivantes :

$$3PbS + 2Al = 3Pb + Al^2S^3,$$
$$3Cu^2S + 2Al = 6Cu + Al^2S^3,$$
$$3CuS + 2Al = 3Cu + Al^2S^3.$$

Ici, la température est, en général, beaucoup moins élevée que dans les cas précédents.

Quand on utilise des carbonates, comme le marbre, des sulfates, comme le gypse, la réaction est indiquée par les équations suivantes :

$$CaSO^4 + 5Mg = MgS + 4MgO + Ca,$$
$$2CO^3Ca + 4Al = CaC^2 + 2Al^2O^3 + Ca.$$

A la seule inspection de ces dernières formules, on voit qu'il est nécessaire d'employer une quantité d'aluminium ou de magnésium supérieure à celle indiquée dans le cas des oxydes ou des sulfures.

Matières additionnelles. — Dans certains cas, on facilite la réaction par l'addition de corps inertes ou de fondants, tels que le sable, le spath-fluor, la cryolithe, le chlorure de potassium ou de sodium, etc.

Aussitôt après la réaction, on peut aussi ajouter des matières destinées à augmenter le volume de la masse en fusion ou à en améliorer la qualité ; citons : le fer et la fonte finement divisés,

le ferro-silicium, le ferro-manganèse, le ferro-titane, le ferro-vanadium, etc.

Exemple. — Comme exemple de mélange aluminothermique, nous citerons celui que l'on emploie le plus fréquemment pour le chauffage, la soudure, les réparations de pièces, etc.; c'est un mélange d'oxyde de fer (Fe^2O^3) et d'aluminium qui contient environ 3,500 *kg* d'oxyde pour 1 *kg* d'aluminium et auquel M. Goldschmidt a donné le nom de *Thermit.*

Par la réaction de ce mélange, la masse se trouve portée à une température de 3000° environ et se divise en deux couches liquides de même poids à peu près. La couche supérieure, dont le volume est deux fois plus grand que celui de la couche inférieure, est constituée par une scorie d'alumine ou corindon artificiel, tandis que la couche inférieure est constituée par du fer doux dont le coefficient de résistance à la rupture est 38,7 avec allongement de 19 0/0.

L'analyse de ce *fer thermit* donne en moyenne le résultat suivant :

C 0,10 0/0	S 0,03 0/0
Mn 0,08 0/0	Ph 0,04 0/0
Si 0,09 0/0	Cu 0,09 0/0

Al 0,07 0/0.

On trouve une plus forte teneur en aluminium quand le mélange aluminothermique n'est pas bien intime ; c'est pourquoi il faut remuer la masse pulvérulente, pour bien mélanger, avant de s'en servir.

Si l'on veut améliorer le fer thermit, on peut y ajouter du silicium et du manganèse ; pour ajouter du silicium, on emploie du ferro-silicium ayant une teneur de 10 à 14 0/0 en silicium ; une addition très faible suffit : 0,1 à 0,3 0/0 du thermit employé ; pour le manganèse, qui augmente la dureté du métal, il suffit d'une addition de 3 à 6 *g* par kilogramme de thermit; on peut employer, à cet effet, le ferro-manganèse, mais il est plus avantageux de faire simultanément les additions de silicium et de manganèse par l'emploi de siliciure de fer et de manganèse (ferromangansilicid). Ces additions ne doivent pas être faites au thermit, mais bien au fer liquide, au moment de la coulée.

On ajoute souvent aussi 0,1 à 0,2 0/0 de titane, qui augmente la finesse de grain et la compacité. Comme le titane s'allie plus facilement au manganèse qu'au fer, l'addition se fait de préfé-

rence par l'emploi de mangano-titane à 30 0/0 ; elle peut, d'ailleurs, se faire aussi par l'emploi de ferro-titane à 20 ou 25 0/0. 2 à 4 *g* de l'un ou l'autre de ces alliages de titane suffisent par kilogramme de thermit.

On peut encore augmenter la dureté du fer thermit par une addition de carbone, obtenue en ajoutant de la fonte pendant la réaction même. Une addition de 20 à 25 *g* de fonte par kilogramme de thermit suffit déjà pour obtenir un fer thermit remarquablement dur ; une addition de 100 à 250 *g* donne un *acier* dur à grain fin, qui se forge bien. L'addition peut être faite en employant la fonte sous forme de petits morceaux qu'il est bon de chauffer au préalable au feu de forge ; mais il est préférable d'ajouter la fonte à l'état liquide ; dans ce cas, on peut ajouter au fer thermit une plus grande quantité de fonte et obtenir ainsi un acier à outils se forgeant bien, remarquablement dur.

b. — Creusets de fusion.

Dans certains cas, la réaction du mélange aluminothermique s'effectue directement dans un moule approprié, à l'endroit même où les produits de cette réaction doivent être utilisés ; cependant, d'une façon générale, on opère la réaction dans un creuset de fusion.

Quand la température de réaction est peu élevée, ce qui est le cas lorsque la matière à réduire est un sulfure, on peut employer un creuset ordinaire en terre réfractaire. Mais quand, au contraire, la température de réaction est très élevée (cas des oxydes), il convient d'effectuer la réaction dans un creuset constitué par une chemise en tôle munie d'une garniture en magnésie. Cependant, si l'on ne dispose pas d'un creuset à garniture basique, on peut, à la rigueur, employer un creuset ordinaire à paroi siliceuse ou même un creuset en graphite ; mais, comme ce creuset peut casser, il faut avoir soin de l'entourer d'une enveloppe en tôle ; on remplit alors, avec du sable sec et fin, l'intervalle entre l'enveloppe et le creuset. La réaction et la coulée peuvent se faire assez vite pour que la paroi du creuset soit peu attaquée, surtout si elle est lisse ; toutefois, dans le cas d'un creuset siliceux, il est impossible d'éviter totalement l'absorption de silicium par le métal naissant et cette absorption peut même, dans certains cas, dépasser 1 0/0 ; pour beaucoup d'applications, elle n'entraîne, d'ailleurs, aucun inconvénient.

Avant d'employer les creusets, il faut d'abord les sécher et même les chauffer, ce qui se fait à l'aide de quelques morceaux de charbon ou de coke incandescent, puis on procède au remplissage du creuset et à l'amorçage de la réaction.

c. — Amorçage de la réaction.

Le procédé le plus simple pour amorcer la réaction du mélange aluminothermique consiste à mettre en contact avec un point de la masse un corps en ignition ou la flamme en pointe d'une lampe à souder, ou bien encore à produire en cet endroit une étincelle électrique suffisante ; mais, pour que ce mode d'allumage puisse être efficace, il est nécessaire que les corps qui forment la masse de réaction soient bien secs, finement pulvérisés et intimement mélangés; de plus, il faut que le métal réducteur possède une très forte chaleur de combustion. Ces conditions n'étant pas toujours suffisamment réalisées, M. Goldschmidt a proposé le procédé suivant.

Au lieu de provoquer directement l'inflammation de la masse même de réaction en un de ses points, on emploie une *amorce* constituée par un petit volume d'un mélange composé d'après les mêmes principes que la masse principale, mais beaucoup plus facilement inflammable ; on peut choisir, à cet effet, un mélange d'aluminium et de peroxyde de baryum, comprimé sous forme de briquettes ou de boulettes agglomérées au moyen d'agglutinants appropriés.

On place une ou plusieurs de ces boulettes ou *cartouches* d'allumage, soit à la surface, soit dans l'intérieur du mélange et on les enflamme au moyen d'un bout de ruban de magnésium fiché à l'avance dans ces agglomérés : la chaleur dégagée est suffisante pour provoquer la réaction et lui permettre de se propager graduellement dans toute la masse du mélange.

Au lieu d'employer le peroxyde de baryum, on peut faire usage de l'oxyde de plomb, du peroxyde de sodium, du pentasulfure d'antimoine, etc. ; d'un autre côté, le magnésium, la poussière de zinc, etc., peuvent remplacer l'aluminium.

Nous venons de dire qu'avec une cartouche d'allumage, la réaction se propageait graduellement : malgré cette progressivité, la chaleur développée est quelquefois si considérable que la propagation est trop rapide, ce qui peut occasionner de sérieux inconvénients. Alors, au lieu de faire entrer de suite toute la

masse principale en action, on procède de la manière suivante :

On verse au fond du creuset une petite quantité de mélange de réaction sur lequel on met un peu de mélange d'allumage (peroxyde de baryum et aluminium). Puis l'opérateur, dont les yeux doivent être protégés par des lunettes à verres foncés, enflamme le mélange d'allumage, et par suite le mélange de réaction, en enfonçant dans le creuset un bout de bois enflammé ou une tige de fer chauffée au rouge vif. On ajoute ensuite du mélange de réaction avec une pelle à main de façon à remplir le creuset en une minute environ.

d. — Réaction et coulée.

La réaction est terminée quand il ne se trouve plus de particules noires à la surface brillante : le métal naissant s'est rassemblé au fond du creuset, tandis que la scorie est montée à la surface ; il faut alors se hâter de procéder à la coulée.

Pour certaines applications, et notamment lorsqu'il ne s'agit que de fournir de la chaleur, on peut utiliser, sans séparation préalable, tout le contenu du creuset. Mais dans beaucoup de cas, il faut naturellement séparer le métal de la scorie. C'est ce que l'on peut obtenir par simple décantation, ou encore en faisant couler le fer par un trou que l'on ouvre au fond du creuset.

L'opération, conduite comme nous venons de le dire, est discontinue. Pour la rendre continue, on fait couler le métal, au fur et à mesure de sa formation, par une ouverture ménagée au fond du creuset, tandis que la crasse qui surnage s'écoule par un trou de coulée placé plus haut, et on ajoute du mélange, par doses successives, de façon à faire durer l'opération aussi longtemps qu'on le désire, toujours avec la même régularité. On peut ainsi, dans un espace tout à fait restreint et en un temps extrêmement court, préparer et couler de la manière la plus simple de grandes quantités de métal.

Ajoutons que, pour faciliter les manipulations, on peut employer le mélange de réaction préalablement comprimé sous forme de briquettes.

Nous allons maintenant passer en revue les applications en vue desquelles la réaction aluminothermique peut être effectuée.

B. — Préparation des métaux.

a. — Généralités.

Pour démontrer la possibilité, au point de vue thermochimique, de l'application du procédé de Goldschmidt à la préparation des métaux, nous reproduisons, ci-dessous, un tableau donnant les résultats de calculs théoriques faits par MM. F. Kuppelwieser et Goldschmidt.

	Pour la production de 1 *kg* de :				
	Fer.	Manganèse.		Chrome.	Tungstène.
Oxyde employé	Fe^2O^3	MnO^2	Mn^2O^3	Cr^2O^3	TuO^3
Aluminium nécessaire, en kilogr.	0,484	0,656	0,492	0,520	0,294
Chaleur développée en calories	3 456	4 684	3 512	3 713	2 099
Chaleur absorbée par la réduction, en calories	1 768	2 115	2 000	2 200	1 100
Chaleur de fusion de la scorie, en calories	425	742	550	582	324
Chaleur de fusion du métal, en calories	337	535	535	434	360
Total de la chaleur absorbée, en calories	2 530	3 392	3 090	3 216	1 784
Différence pouvant être absorbée par radiation ou autres pertes	926	1 293	422	497	315

Comme les métaux réducteurs employés sont généralement l'aluminium et le magnésium, pour que l'opération soit commercialement avantageuse, il faut, à moins de cas spéciaux, que

les bases ou les sels à réduire soient rares et difficiles à traiter et que le métal à isoler soit de grande valeur à l'état pur.

A ce point de vue, les principaux métaux qui peuvent être isolés avec profit sont le chrome, le nickel, le cobalt, le manganèse, le tungstène, le molybdène, l'uranium, le vanadium, le glucinium, le titane, etc., ainsi que leurs alliages.

Actuellement, on prépare en grand à Essen, par le procédé aluminothermique, pour les livrer au commerce, le chrome, le manganèse, le ferro-vanadium, le ferro-titane, etc.

Nous allons décrire, à titre d'exemples, quelques-unes de ces applications du procédé.

b. — Préparation du manganèse.

La préparation du manganèse présente moins d'importance que celle du chrome que nous allons voir dans le chapitre suivant, car le ferro-manganèse du commerce, ne contenant pas autant de carbone que le ferro-chrome, est ordinairement suffisant pour la fabrication de l'acier.

Néanmoins, le manganèse pur préparé par le procédé Goldschmidt peut être employé avec avantage pour la préparation d'alliages de cuivre et de manganèse, d'alliages de manganèse, d'étain et de zinc, etc.

Le manganèse pur remplace aussi avantageusement l'aluminium, le magnésium, le phosphore comme agent désoxydant dans la coulée du bronze et autres alliages.

A tous ces titres, l'obtention industrielle du manganèse pur est intéressante.

Pour la préparation aluminothermique du manganèse, on peut employer indifféremment le protoxyde (MnO) ou le bioxyde (MnO^2).

Les réactions qui se produisent dans l'un et l'autre cas sont indiquées par les équations suivantes :

$$3MnO + 2Al = 3Mn + Al^2O^3,$$

$$3MnO^2 + 4Al = 3Mn + 2Al^2O^3.$$

La poudre noire de bioxyde de manganèse se trouve facilement dans le commerce, car elle est utilisée notamment dans les usines de produits chimiques pour la préparation du chlore ou de l'oxygène, dans les usines métallurgiques pour la préparation du

ferro-manganèse et dans les verreries pour décolorer le verre noirci par le charbon.

On trouve également dans le commerce l'aluminium en poudre ou en grains sous le nom de poudre à bronzer. Ce dernier produit, obtenu par le broyage de l'aluminium pris en feuilles minces, est purifié par un lavage au pétrole ou par agitation avec une solution de carbonate de soude, pour être débarrassé des matières grasses.

On mélange très intimement les deux poudres sèches et on les agglomère, avec de la résine, par exemple, pour les comprimer sous forme de briquettes.

On place une petite quantité de ces briquettes dans un creuset en magnésie et on allume au moyen d'une boulette d'allumage, de la façon que nous avons décrite plus haut. Aussitôt que le mélange entre en réaction, on ajoute d'abord lentement, puis un peu plus vite, des quantités successives du mélange en briquettes, jusqu'à ce que le creuset soit rempli. Sous l'influence de la chaleur de la réaction, les produits formés se séparent en deux couches liquides dont l'alumine constitue la couche supérieure et le manganèse la couche inférieure. Ce dernier, après refroidissement, peut être extrait du fond du creuset, sous forme d'un bloc métallique très homogène.

c. — Préparation du chrome.

Le chrome est le métal qui a tout d'abord attiré l'attention de Goldschmidt à cause de sa grande importance dans l'industrie de l'acier, où il est préparé en grandes quantités pour la fabrication des plaques de blindage, sous forme de ferro-chrome d'une teneur de 40 à 65 0/0 en chrome.

Cette fabrication du ferro-chrome est compliquée et coûteuse, tandis que, par la nouvelle méthode, l'obtention du chrome (non allié avec le fer) est, au contraire, rapide et d'un prix relativement peu élevé.

Dès 1894, M. Goldschmidt pouvait préparer, dans son usine d'Essen, près de 25 *kg* de chrome en une seule opération, et actuellement il en obtient, toujours en une seule opération, jusqu'à 100 *kg* en vingt-cinq minutes.

Le chrome exempt de carbone est également fabriqué en France, d'après le procédé aluminothermique, par la Société d'électrochimie de Saint-Michel-de-Maurienne.

La préparation de ce métal est basée sur l'emploi de l'oxyde de chrome et la réaction peut être représentée par l'équation :

$$Cr^2O^3 + 2Al = 2Cr + Al^2O^3.$$

Les détails de l'opération industrielle sont les mêmes que ceux que nous venons d'indiquer pour la préparation du manganèse.

d. — Préparation des alliages.

Certains métaux, dont la séparation à l'état pur offre des difficultés, sont plus faciles à séparer sous forme d'alliages. D'un autre côté, quelques métaux sont employés plus avantageusement à l'état d'alliages ; c'est ainsi, par exemple, que le titane, qui est très difficilement fusible, est utilisé sous forme de ferro-titane ou de cuivre titané ; il est même nécessaire que les alliages en question ne contiennent pas une trop forte proportion de titane et l'on a constaté qu'un alliage de 35 à 45 0/0 de titane et 65 à 55 0/0 de fer ou de cuivre était si difficilement fusible, qu'on a dû renoncer à le préparer pratiquement, pour produire un ferro-titane ou un cuivre titané à 25 0/0 de titane, qui se trouve actuellement dans le commerce.

Pour la même raison, on trouve aussi, dans le commerce, un ferro-bore et un mangano-bore à 20 ou 25 0/0 de bore et un ferro-vanadium à 20 0/0 de vanadium.

Dans un autre ordre d'idées, on prépare industriellement un cuivre chromé, qui, avec 10 0/0 de chrome, est beaucoup plus tenace et plus dur que le cuivre, tout en offrant presque exactement la couleur de ce dernier métal.

On pourrait ainsi multiplier les exemples des métaux qu'il est commercialement et industriellement utile d'obtenir sous forme d'alliages.

Or, pour obtenir un alliage par voie aluminothermique, on a deux moyens à sa disposition :

Le premier consiste à mélanger de l'aluminium pulvérisé avec des produits renfermant chacun l'un des métaux ou métalloïdes à allier, puis à provoquer simultanément, par la méthode aluminothermique, la séparation de ces derniers éléments, qui s'allient alors facilement, sous l'influence de la chaleur développée par la double réaction.

Le second procédé consiste à mélanger un métal ou un alliage avec un produit qui contient le métal ou métalloïde à incorporer,

et toujours avec de l'aluminium ou du magnésium. On provoque encore la réaction aluminothermique, et l'élément mis en liberté, c'est-à-dire un métal naissant, s'incorpore, aussi facilement que dans le premier cas, à la masse métallique amenée à la fusion.

Dans les deux cas, la quantité de calories qui se dégage évite, d'une façon générale, la solidification des coulées et souvent même la prise des scories, sans qu'il soit nécessaire, pour cela, d'ajouter au bain métallique des éléments hétérogènes.

Le procédé permet d'obtenir ainsi des alliages comme l'acier ou l'aluminium titané, chromé, silicié ; l'acier, le cuivre ou l'aluminium au tungstène ; le cuivre au glucinium, etc.

C. — Utilisation de la scorie d'alumine.

La crasse d'aluminium (Al^2O^3), qui se produit lors de la réduction des oxydes métalliques par l'aluminium, peut être employée pour préparer de l'aluminium et ce métal récupéré pourra servir ensuite pour opérer d'autres réductions. Cette façon de procéder est particulièrement avantageuse, parce que l'aluminium ainsi préparé renferme toujours, à l'état libre, ou à l'état d'oxyde, une petite quantité du métal pour la préparation duquel il a été primitivement employé.

Mais il est beaucoup plus avantageux de mettre à profit la très grande dureté de la scorie d'alumine en utilisant cette matière à la taille, au polissage et à l'aiguisage, sous forme de meules et de grains de toutes grosseurs.

La scorie obtenue par les réductions aluminothermiques présente, en effet, une dureté si considérable qu'elle raie très facilement le corindon naturel ou émeri, et ne peut être que difficilement attaquée par les diamants des machines perforatrices.

La différence de dureté entre le corindon artificiel et le corindon naturel provient, d'une part, de ce que l'émeri contient des quantités assez importantes de sesquioxyde et d'oxyde magnétique de fer et aussi un peu d'eau, qu'il n'est pas possible d'éliminer complètement par un chauffage au rouge intense, d'autre part, de ce que la scorie artificielle contient des traces d'oxydes durs, principalement d'oxyde de chrome.

Le corindon artificiel est non seulement très dur, mais aussi très peu cassant, et c'est de là que provient la résistance considérable des meules à aiguiser, fabriquées avec cette nouvelle matière.

L'obtention de ce corindon artificiel, comme sous-produit, dégrève évidemment, dans une large mesure, le prix de revient des opérations aluminothermiques.

Le nouveau corindon artificiel se présente sous forme cristalline et, lorsqu'il provient de la préparation du chrome, on y remarque de petites cavernes renfermant des rubis, ce qui a amené M. Goldschmidt à lui donner le nom de *corubis* (en allemand : *corubin*). Dans un tube d'Hittorf, ces rubis brilleraient absolument comme des rubis naturels sous l'influence des rayons cathodiques; toutefois, ils n'ont aucune valeur commerciale, à cause de leur faible grosseur; ils ne présentent qu'un intérêt scientifique.

D. — Chauffage des métaux.

La haute température atteinte dans le procédé aluminothermique, lorsqu'on emploie un oxyde avec de l'aluminium ou du magnésium, permet de chauffer les métaux en vue de les travailler plus facilement et de les souder. Nous examinerons, dans un chapitre ultérieur, la question spéciale du soudage des métaux.

Pour bien montrer l'intérêt du procédé aluminothermique dans son application au chauffage proprement dit, procédons par voie d'exemples :

Supposons qu'il s'agisse de chauffer un rivet; on serre, autour de ce rivet *a* (*fig. 1*), une certaine quantité de thermit *b* et, afin de retenir la chaleur qui sera produite, on entoure le tout d'une enveloppe *c*, en sable de fonderie. On provoque ensuite la réaction aluminothermique, de l'une des manières précédemment indiquées. Le rivet se trouve porté à la température convenable au bout de 80 secondes environ, et, dès qu'on a enlevé la scorie d'alumine adhérente, il est prêt pour le rivetage.

Fig. 1

a

b

Si l'on veut chauffer simultanément un certain nombre de rivets, on peut confectionner un creuset en toile métallique *d*, (*fig. 2*), qu'on enduit intérieurement de magnésie très hu-

mectée et qu'on laisse sécher. On tasse, au fond du creuset, une portion du mélange calorifique, additionné de sable ; on place ensuite les rivets à chauffer et on poursuit l'emplissage du creuset par une nouvelle portion du mélange. La fin de l'opération s'effectue comme dans l'exemple précédent.

Fig. 2

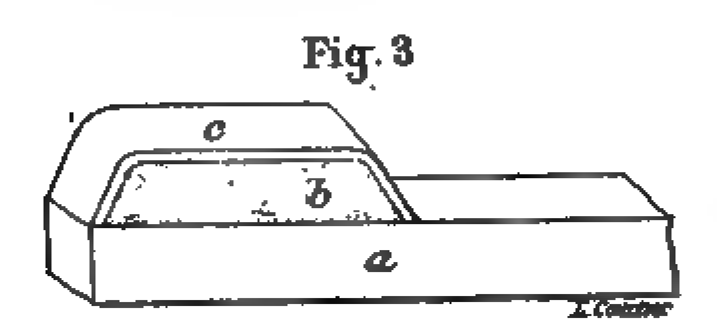
Au lieu de placer les rivets dans le mélange, dès le début, on peut commencer d'abord la réaction dans le creuset et n'introduire les rivets dans la masse qu'au moment où celle-ci entre en fusion.

Tout ce que nous venons de dire pour un rivet s'applique naturellement pour une barre de métal quelconque, et il suffit, comme nous l'avons expliqué, de changer la composition du mélange pour faire varier la température du milieu.

Le procédé présente encore l'avantage suivant : c'est qu'il est facile de chauffer un morceau de métal en un point seulement : celui que l'on désire travailler.

Ainsi, pour chauffer une barre de fer sur une seule face, il suffit de la placer horizontalement *(fig. 3)* et de poser, sur la face à chauffer, le mélange calorifique *b* que l'on maintient avec du sable à mouler *c*.

Fig. 3



Si l'on désire percer un trou dans une plaque, on entoure la partie correspondante de la plaque d'une enveloppe de magnésie ou de sable à mouler, on introduit le mélange Goldschmidt dans le manchon ainsi préparé et on provoque la réaction. Grâce à la chaleur produite, le percement est provoqué par fusion simple, ou bien le trou est percé mécaniquement avec un poinçon chassé à l'endroit où le métal est ramolli.

On peut obtenir le même résultat, sans formation d'un moule sur la plaque, en coulant, sur l'endroit à fondre ou ramollir, le mélange fluide produit par la réaction du thermit dans un creuset.

Pour les grosses pièces, telles, par exemple, que les plaques

de blindage, dont le chauffage au feu de coke serait très long, le thermit permet d'obtenir la température voulue en quelques minutes; de plus, le chauffage avec le thermit demande peu de place et peut être fait n'importe où, ce qui est très intéressant dans beaucoup de cas, par exemple lorsqu'il s'agit de chauffer, pour la réparer, une pièce que l'on ne peut pas démonter ou déplacer.

E. — Réparation des pièces métalliques.

Le procédé aluminothermique permet de réparer des pièces fondues, laminées ou forgées, lorsqu'elles sont défectueuses, mal venues ou endommagées. A cet effet, ce procédé peut être appliqué de trois manières différentes :

1° On peut utiliser la chaleur de réaction du thermit pour fondre et surchauffer un métal de même composition que celui de la pièce, puis couler ce métal fondu dans un moule de forme convenable établi sur la pièce à l'endroit à réparer;

2° On peut employer la chaleur de réaction du thermit pour chauffer la pièce à réparer;

3° On peut couler le fer thermit lui-même dans le moule formé sur la pièce à réparer.

Premier moyen. — Comme exemple du premier mode opératoire, prenons une roue dentée à laquelle il manque une dent; on établit à l'endroit correspondant, au moyen de sable de fonderie ou de toute autre matière convenable, un moule ayant à peu près la forme de la dent. D'autre part, on chauffe aluminothermiquement, à une température supérieure à son point de fusion, du métal ayant de préférence la même composition chimique que la masse de la roue dentée. Puis, après avoir chauffé la partie à réparer de la roue, on coule dans le moule ce métal fortement surchauffé. Grâce à sa température très élevée, le métal coulé se soude au corps de la roue, de sorte que la solidité en cet endroit est aussi grande que dans le reste de la pièce. Le métal ainsi ajouté agit simultanément comme matière de remplissage et de liaisonnement et comme matière de chauffage.

Deuxième moyen. — Comme exemple du deuxième mode opératoire, supposons que l'on veuille remplacer, à l'extrémité d'un cylindre, un tourillon cassé. On établit un moule autour de cette

extrémité, puis on chauffe cette dernière, jusqu'à la température de fusion, soit en versant dessus les produits de la réaction du thermit, soit en faisant réagir directement le thermit sur la surface métallique même. On coule ensuite dans le moule le métal qui est destiné à former le tourillon et qui a été fondu soit par chauffage aluminothermique, soit autrement.

On peut ainsi rapporter indifféremment un tourillon (ou une autre partie) en fonte ou en acier sur une pièce de composition identique ou différente, à volonté.

Troisième moyen. — Comme exemple du troisième mode opératoire, on peut encore supposer le cas d'un tourillon : avec ou sans chauffage préalable du bout de cylindre, on coule dans le moule le métal même obtenu par réaction aluminothermique. Avant la coulée, on peut ajouter au métal fluide soit de la fonte ou du fer en petits morceaux qui en augmente le volume, soit un alliage propre à en améliorer la qualité.

Comme autre exemple, supposons qu'il s'agisse de boucher des fentes ou des crevasses : il faut d'abord les élargir, par exemple au ciseau ou au foret, car, autrement, la quantité de fer thermit introduite ne serait pas suffisante pour porter les bords de la fente à la température de chaude soudante; plus la pièce est épaisse, plus l'élargissement de la fente doit être considérable; il faut toujours au moins une largeur de 10 *mm* et, avec une épaisseur de 50 à 60 *mm*, il faut donner à la fente une largeur de 25 *mm* environ; d'une façon générale, on peut dire qu'à une augmentation d'épaisseur de 20 *mm* doit correspondre une augmentation de largeur de la fente de 6 *mm*. De plus, pour augmenter la quantité de chaleur fournie à la pièce à réparer et assurer ainsi la liaison intime du fer thermit avec cette pièce, il est bon, après avoir opéré la coulée du fer thermit dans la fente agrandie, de jeter dessus un peu de thermit qui entre alors en réaction et fournit une quantité de chaleur supplémentaire.

Ce dernier mode de réparation s'applique, notamment, aux tuyaux coudés en fer dans lesquels des fentes se sont formées au cintrage. Il est également applicable aux pièces en fonte.

Voici encore un exemple de réparation que l'on peut faire avec le thermit par le troisième moyen. Si, en tournant une pièce en fer, acier ou fonte, on y découvre une caverne, on peut, sans retirer la pièce du tour, remplir la caverne de fer thermit, qui se soude intimement à la pièce.

F. — **Fabrication de pièces de rechange.**

Le procédé aluminothermique ne permet pas seulement de réparer les pièces mécaniques, il permet aussi, en cas d'urgence, de les remplacer complètement, sur place et immédiatement. Il suffit pour cela d'établir un moule en sable, soit au moyen d'un modèle ordinaire, soit, au besoin, à l'aide de la pièce détériorée elle-même, et de couler dans ce moule du fer thermit additionné de fonte ou d'autres matières, comme nous l'avons expliqué.

G. — **Soudage des métaux.**

On peut opérer de diverses manières le soudage aluminothermique et nous allons en indiquer quelques-unes à titre d'exemples.

a. — Soudage des petites pièces.

Les pièces à souder peuvent être plongées séparément dans le mélange calorifique additionné et entouré de sable. Une fois la réaction terminée et les pièces ainsi chauffées au blanc soudant, on les retire pour les souder à la façon ordinaire (au marteau, par refoulement, etc.).

b. — Brasage.

Supposons qu'il s'agisse de souder bout à bout deux tubes de fer : on commence par bien nettoyer et décaper les surfaces des extrémités à réunir et on place ensuite entre ces surfaces la soudure avec le borax que l'on fait adhérer par chauffage préalable et que l'on maintient au moyen d'une enveloppe appropriée. On plonge alors l'ensemble ainsi formé dans le mélange aluminothermique, de manière que la soudure y soit entièrement noyée, on provoque la réaction du mélange et la chaleur dégagée suffit pour fondre la soudure et relier les deux parties du tube.

Bien entendu, il ne faut enlever la scorie chaude qui entoure le joint que lorsqu'elle est suffisamment refroidie (au bout d'une demi-heure environ), car, autrement, la soudure encore liquide s'écoulerait. Il ne reste plus alors qu'à ébarber la pièce et à donner la dernière main au joint.

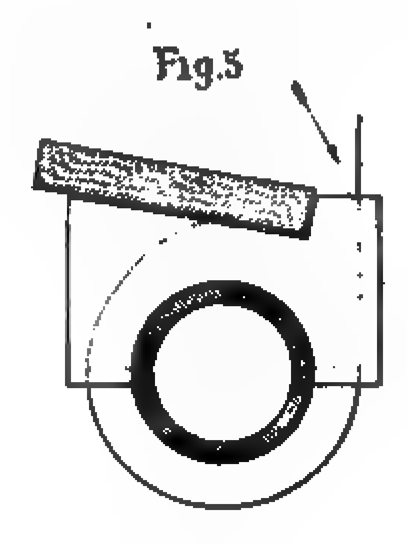
c. — Soudure autogène.

La méthode de soudage que nous allons décrire maintenant est extrêmement intéressante, car elle permet de souder parfaitement l'une à l'autre, à peu de frais, des pièces qu'il est impossible de déplacer et de transporter. Elle consiste essentiellement à faire arriver à l'endroit du joint, sur les pièces maintenues l'une contre l'autre, les produits liquides obtenus par réaction du thermit; les abouts des pièces se trouvent ainsi portés à une température telle, qu'ils se soudent parfaitement.

Nous allons indiquer, à titre d'exemple, comment on opère pour les tubes.

Supposons d'abord qu'il s'agisse de tubes placés horizontalement. Les bouts à souder, ayant été bien décapés et blanchis, sont fortement serrés l'un contre l'autre au moyen d'un appareil à pinces et vis de serrage *(fig. 4)*. Autour du joint, on établit un

Fig 4.


Fig.5

moule en forte tôle *(fig. 5)* autour duquel on tasse du sable maintenu en place par une boîte extérieure *(fig. 4)* distante du moule de 20 à 30 *mm*.

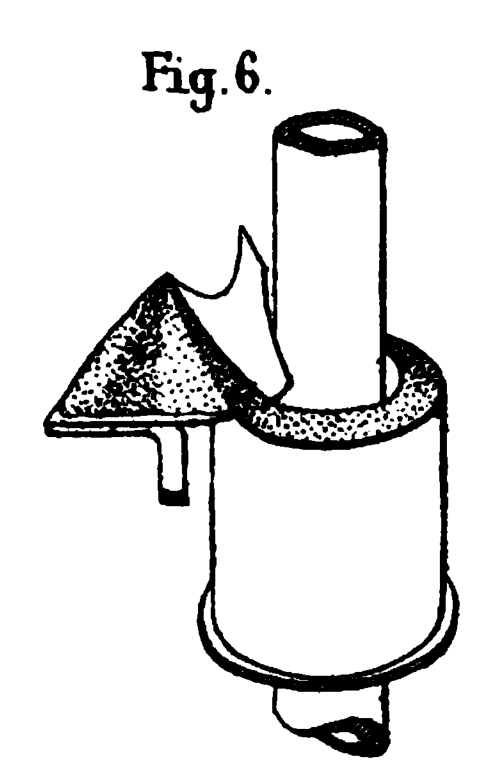
Ayant produit la réaction du thermit dans un creuset, comme nous l'avons indiqué, on verse immédiatement le contenu du creuset dans le moule, en ayant soin de ne pas le faire arriver directement sur les tuyaux à souder, afin d'éviter de perforer ces tuyaux par brusque fusion. A cet effet, il est bon de recouvrir le moule d'une tuile ou dalle réfractaire *(fig. 4 et 5)*, ne laissant pour la coulée qu'une ouverture latérale longue et étroite.

Les matières en fusion qui viennent ainsi au contact des tubes les portent rapidement à la température de chaude soudante; ce résultat obtenu, on serre ou refoule fortement les tubes l'un

contre l'autre, en vissant de 2 *mm* environ les écrous sur les vis de l'appareil de serrage à pinces, et la soudure se trouve ainsi faite. On laisse refroidir, puis on enlève la masse qui a fait prise autour des tubes ; le métal thermit ne forme qu'une demi-bague dans la région inférieure des tubes et l'alumine se trouve en dessus.

Dans le cas de tubes verticaux ou inclinés, on opère de la même manière, mais la forme du moule diffère ; elle est visible sur la figure 6. Un conduit incliné, en tôle, guide la matière en fusion tangentiellement aux tubes pend ant la coulée. C'est à la partie basse du moule que la température est la plus élevée ; aussi, le moule est placé de façon que son fond soit plus rapproché du joint à souder que son bord supérieur. Ici, il faut détacher au marteau les produits solidifiés avant le refroidissement complet, trois à quatre minutes après la coulée, car, autrement, il faudrait enlever à la scie la bague de fer qui s'est solidifiée au fond du moule autour des tubes.

Fig. 6.



Le procédé de soudure autogène que nous venons de décrire permet d'obtenir des joints absolument étanches et très solides ; aussi, peut-on l'appliquer aux conduites de vapeur, tubes de chauffage, conduites d'air comprimé ou d'eau sous pression, conduites de gaz, tubes de sondage, etc. Il permet également la réparation des tubes droits ou des serpentins qui présentent des fuites : il suffit de couper la partie défectueuse et de la remplacer par un tronçon de tube neuf que l'on jonctionne aux deux bouts par des soudures.

Le tableau suivant donne quelques indications numériques relatives au soudage autogène des tubes par ce procédé. Dans ce tableau, D désigne le diamètre intérieur du tube en millimètres, E son épaisseur, *l* la longueur du moule à employer (sa hauteur dans le cas des tubes verticaux), *a* l'épaisseur de la bague de thermit à couler (distance entre le moule et la pièce), *t* le temps en minutes entre la fin de la coulée et le moment où il faut opérer le serrage (refoulement) des pièces à souder, et K le poids en kilogrammes de thermit a employer.

D	E	*l*	*a*	*t*	*k*
19	2	45	7	1/2	0,20
»	4	75	10	3/4	0,45
26	2	50	7	1/2	0,25
»	4	80	10	3/4	0,50
»	6	80	14	1 1/4	0,84
32	2	55	7	1/2	0,28
»	4	85	10	1	0,65
»	6	90	14	1 1/4	1,10
44	4	95	10	1 1/4	0,90
»	8	120	17	1 3/4	2,40
63	4	120	10	1 1/4	1,60
»	8	140	17	1 3/4	3,50
89	4	140	10	1 1/2	2,40
»	8	160	17	2	5,10
102	4	150	10	1 1/2	2,90
»	8	170	17	2	5,50
140	4	180	12	1 3/4	5,60
»	8	190	19	2 1/4	9,20
165	5	200	16	2	9,50

Le même procédé peut être appliqué à la soudure des fers carrés, ronds et profilés.

Voici des données relatives à la soudure des fers carrés : S désigne la section en centimètres carrés, L la longueur du moule en centimètres, A l'épaisseur en centimètres de la bague de thermit à couler, *t* le temps en minutes entre la fin de la coulée et le moment où il faut opérer le serrage des pièces à souder, et *k* le poids en kilogrammes de thermit à employer *par centimètre carré de section.*

S	L	A	*t*	*k*
0 à 5	7	1,8	2	0,20
5 à 10	10	2,2	3	0,23
10 à 20	14	2,5	4	0,25
20 à 30	20	2,6	5 à 8	0,26
30 à 40	22	2,7	8 à 10	0,27
40 à 50	24	2,8	12	0,28
50 à 60	26	3,0	14	0,29
60 à 70	28	3,2	16	0,30
70 à 80	30	3,4	18	0,31
80 à 90	32	3,6	19	0,32
90 à 100	35	3,8	20	0,33

Voici également quelques données pour les fers ronds, en conservant la même signification aux lettres S, L, A, *t* et en appelant *d* le diamètre de la pièce en millimètres, et K le poids de thermit à employer en kilogrammes.

d	S	L	A	*t*	K
25	5	12	1,5	2	1,0
50	19	16	2,9	5	5,0
90	63	27	4,0	10	19,0
130	127	44	4,5	20 à 25	46,0

d. — SOUDURE AVEC APPORT DE FER THERMIT.

Les tableaux ci-dessus montrent que le procédé de soudure autogène, tel qu'il vient d'être décrit, exige une assez forte quantité de thermit lorsqu'il s'agit de souder de grosses pièces massives. Mais il est possible de diminuer cette quantité, ou, à quantité égale, d'augmenter la solidité de la liaison, en faisant jouer au fer thermit le rôle de métal de renforcement ou de liaisonnement ; on dispose, pour cela, de deux moyens. Le premier consiste à couler, autour des pièces serrées l'une contre l'autre, un anneau complet ou incomplet de fer thermit qui restera adhé-

rent à la pièce et fera corps avec elle. Le deuxième consiste à maintenir les pièces à un faible écartement et à couler entre elles le fer thermit, en formant ou non autour du joint un bourrelet de renforcement.

Premier moyen. — Supposons, par exemple, qu'il s'agisse de ressouder les deux parties d'un arbre rompu, ou bien de souder ensemble, bout à bout, deux tronçons d'arbre. Dans les deux cas, c'est-à-dire que les surfaces de joint soient régulières ou non, on opère de la même manière.

Fig. 7

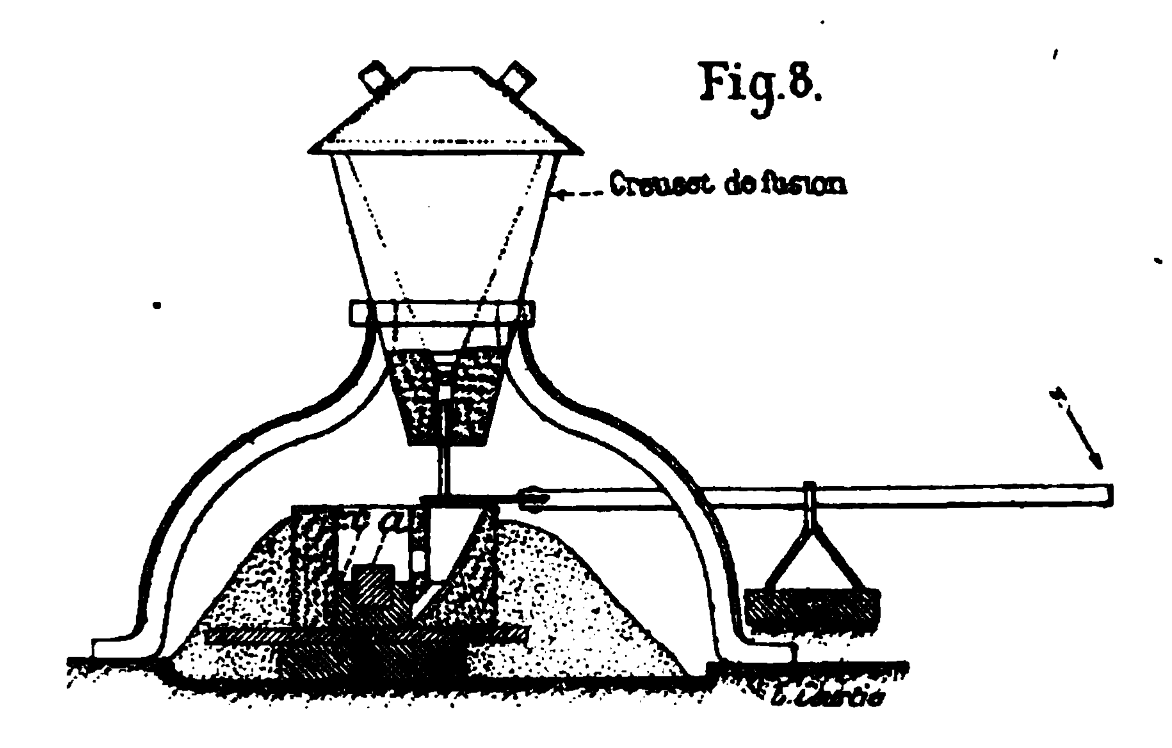
Autour de l'arbre *a*, à l'endroit à souder, on établit un moule tel que celui que représente la figure 7, puis, dans ce moule, on coule du fer thermit liquide, auquel on a ajouté du fer ordinaire (10 à 15 0/0 du poids de thermit). Le fer liquide, qui vient ainsi remplir l'espace *x* pour former la bague de renforcement, fournit aussi la chaleur nécessaire pour porter à la température de fusion les bouts des deux tronçons d'arbre *a* et assurer leur soudure jusqu'à l'axe.

On obtient de cette manière une solidité parfaite, si la bague *x* est suffisamment longue et épaisse. Une longueur de bague de 10 *cm* convient pour des arbres de 40 à 300 *mm* de diamètre. Le tableau ci-dessous donne, pour quelques diamètres d'arbres, l'épaisseur que doit avoir la bague *x* et le poids de thermit à employer, non compris l'addition de fer.

d est le diamètre de l'arbre en millimètres, *e* l'épaisseur de la bague et *k* le poids de thermit en kilogrammes.

d	*e*	*k*
40	15	5
60	19	8
80	25	14
100	32	20
160	50	53
200	50	60
250	50	72-78
300	50	84-90

Il n'est pas toujours nécessaire de couler une bague complète autour des pièces à réunir ; très souvent, une portion de bague suffit. Ainsi, la figure 8 montre comment on effectue la réunion de deux barres carrées, placées bout à bout, à l'aide d'un bourrelet de fer thermit x, entourant la partie inférieure des pièces à l'endroit du joint. La scorie de corindon vient baigner la partie haute



des pièces et concourt avec le fer thermit à porter ces pièces à la température de chaude soudante. Il est bon, mais non nécessaire, de serrer les pièces l'une vers l'autre après la coulée.

On peut, d'une façon analogue, souder des tôles en coulant sur les bords rapprochés une baguette en fer thermit ayant une largeur de 20 à 40 *mm* et une hauteur de 10 à 30 *mm*. Ce procédé est surtout pratique pour les plaques ayant de 8 à 20 *mm* d'épaisseur. Les trous de coulée ne doivent pas être éloignés de plus de 20 *cm* afin que le métal thermit n'ait pas le temps de se refroidir pendant sa circulation. On peut ainsi faire en une fois une couture aussi grande que l'on veut ; la soudure obtenue est très solide et le travail est moins coûteux que celui de la rivure ; le procédé peut donc être appliqué avec avantage aux chaudières et réservoirs de toutes sortes.

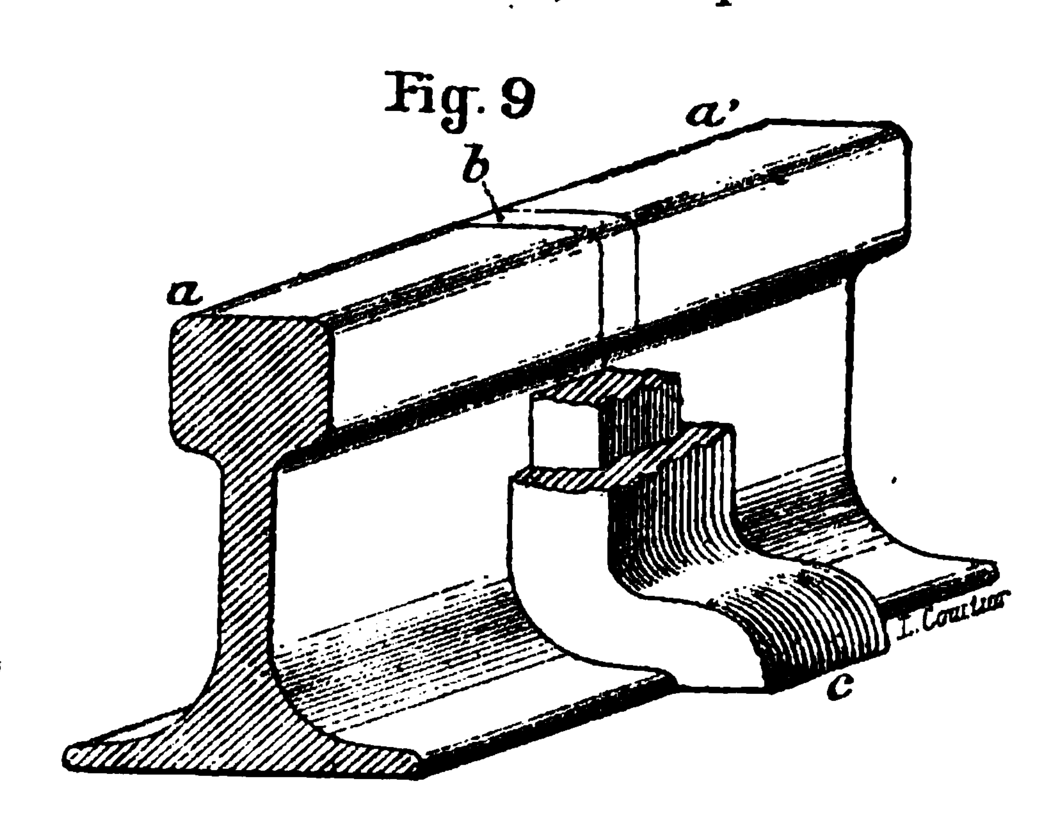
Deuxième moyen. — En ce qui concerne, maintenant, la soudure par interposition de fer thermit entre les bouts légèrement écartés des pièces à réunir, nous allons indiquer comment on opère en choisissant, comme exemple, deux rails *a a′* (*fig. 9*).

On nettoie avec soin les extrémités à réunir, après y avoir formé des rugosités ou aspérités, puis, au moyen d'un appareil approprié, on immobilise les rails en les maintenant solidement en un point de leur longueur situé à une certaine distance des extrémités à souder. On peut employer, à cet effet, des appa-

reils analogues à celui de la figure 4 ou à ceux que représentent les figures 10 et 11 et qui seront décrits plus loin.

Dans l'exemple choisi, les deux rails sont supposés placés et maintenus à une distance de 15 *mm* l'un de l'autre.

On adapte au système un moule en tôle *c*, brasqué avec du sable à mouler. Ce moule est agencé de façon qu'au moment de la coulée il se forme, à l'endroit du joint, des nervures qui serviront à le renforcer. Puis on coule dans le moule le régule de fer *b*, formé par la réaction du thermit. Le moule est établi de manière que le fer s'élève de tous côtés à 10 ou 20 *mm* au-dessus des pièces à souder, de façon à les baigner complètement.



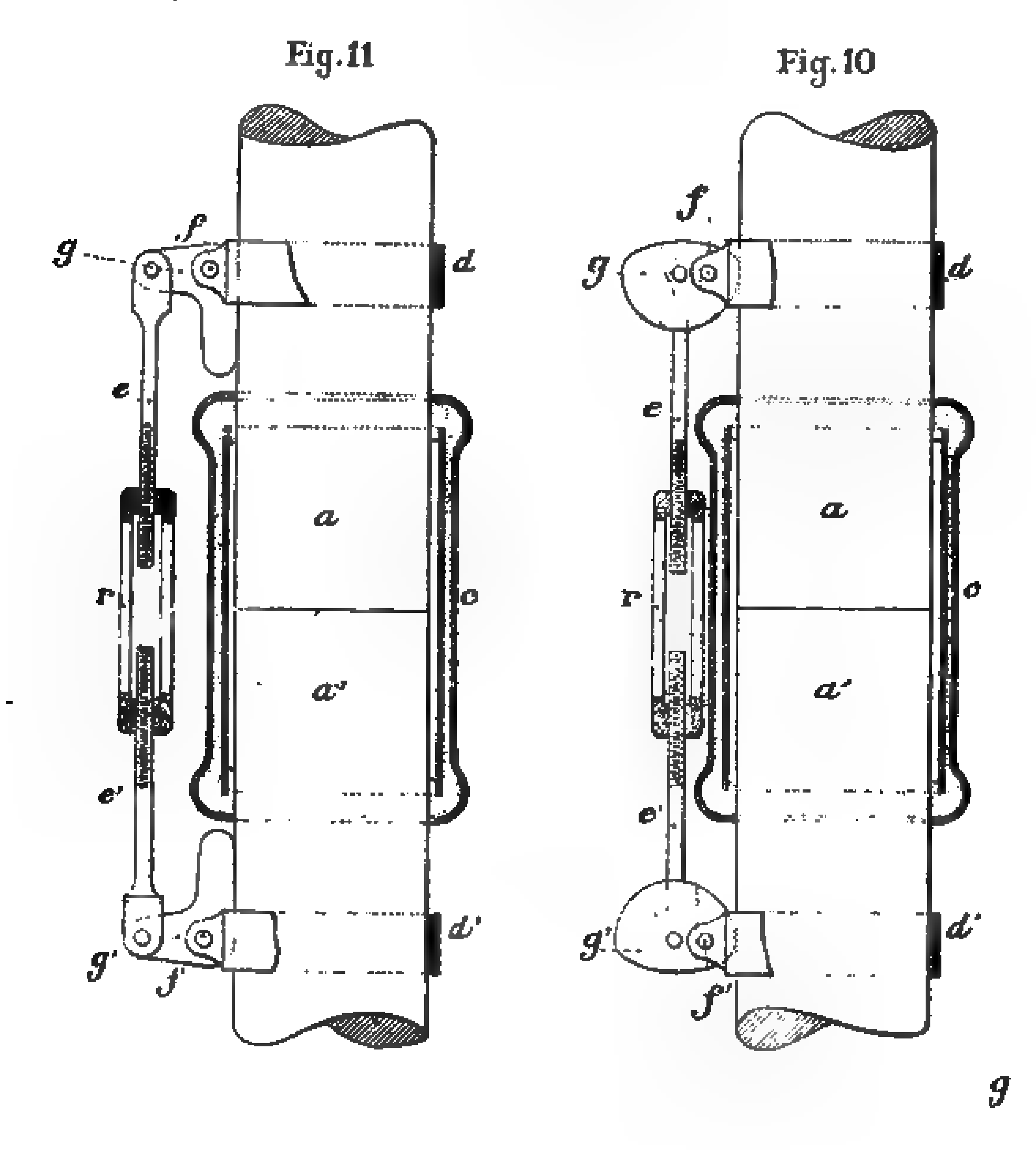
Le métal peut être versé directement dans le moule, mais il est préférable d'établir celui-ci (comme sur la figure 8) de façon que le métal soit amené au fond du moule par un conduit latéral.

Il est bon, aussitôt après la coulée, de serrer un peu l'une vers l'autre les pièces à souder. Toutefois, cela n'est pas nécessaire; en effet, la chaleur apportée par le fer thermit, en même temps qu'elle porte les pièces à souder à la température de chaude soudante, dilate les parties immobilisées des deux bouts de rails et il en résulte une pression énergique qui favorise l'union intime.

Cependant, il y a lieu d'observer que, dans la pratique, les choses ne se passent pas tout à fait aussi simplement :

La pression moléculaire produite par la dilatation favorise bien, en effet, le soudage, mais, au moment du refroidissement, il se produit un raccourcissement du métal qui provoquerait la rupture du joint si la partie immobilisée ne pouvait pas suivre cette contraction. Il peut donc être utile de laisser aux rails la liberté de se rapprocher pendant le refroidissement. C'est ce que permettent les appareils que nous allons décrire et que représentent les figures 10 et 11. Les appareils représentés sont établis pour des pièces rondes, mais il serait facile de les modifier pour les adapter à des pièces d'un profil quelconque.

Dans l'exemple de la figure 10, chacune des pièces à souder *a a′* est librement entourée par un collier *d* ou *d′* portant trois disques-cames *g* ou *g′*. Sur ces disques, sont articulées des tiges *e e′*, les tiges des deux colliers étant filetées en sens contraire et



réunies par des étriers tendeurs *r*. Si l'on fait tourner ces étriers dans le sens convenable pour tirer les unes vers les autres les tiges *e e′*, les disques-cames, tournant autour des axes *f f′*, viennent s'appliquer fortement contre les pièces *a a′*.

Pendant la période de dilatation des pièces *a a'*, les points de ces pièces situés sous les colliers *d d'* tendent à s'écarter, mais les cames s'y opposent parce qu'elles tendent alors à tourner de façon à s'appliquer sur ces pièces *a a'* par des parties périphériques dont le rayon augmente de plus en plus. Les points des pièces *a a'* situés sous les colliers *d d'* sont donc immobilisés. Il en résulte à l'endroit du joint une pression qui assure la soudure.

Pendant la contraction, au contraire, les points des pièces *a a'* situés sous les colliers *d d'* tendent à se rapprocher et à faire tourner ainsi les cames dans le sens voulu pour qu'elles présentent aux pièces *a a'* des parties périphériques dont le rayon diminue de plus en plus. Les cames se desserrent donc et permettent aux pièces *a a'* de glisser sous les colliers *d d'* pour suivre la contraction. L'action des cames est rendue plus certaine si leur surface est rugueuse ou dentelée.

Fig. 12

Dans l'exemple de la figure 11, les cames sont remplacées par des leviers coudés *g g'*. L'une des branches de ces leviers s'applique contre la pièce *a* ou *a'*, tandis qu'à l'autre branche s'articule la bielle avec tendeur *e r e'*.

Le mode d'action de cet appareil est analogue à celui de l'appareil de la figure 10.

On peut supprimer l'emploi des cames *g g'* des figures 10 et 11 et fixer les colliers *d d'* directement sur les pièces *a a'* à la condition que les bielles *e e'* soient placées sous une tension élastique ; il suffit pour cela de remplacer les étriers tendeurs taraudés *r* par des étriers tendeurs à ressorts tels, par exemple, que celui qui est représenté par la figure 12.

Les tiges *ee'* passent librement dans les petits côtés de ce étrier *r* et présentent des saillies annulaires *ss'* qui servent de butée pour les ressorts puissants *tt'*, lesquels portent d'autre part contre *r*.

Voici quel est le mode de fonctionnement de cet organe :

Lorsque les colliers de serrage tendent à s'écarter l'un de l'autre, c'est-à-dire lorsque la pièce à souder se dilate, la pression au point de soudure augmente par suite de la tension des ressorts *tt'*, tandis que les bielles cèdent élastiquement dès que la contraction se produit.

Le montage élastique peut être réalisé autrement et, par exemple, en reliant rigidement les tiges *e* à l'étrier tendeur et en donnant de l'élasticité aux grands côtés de cet étrier.

e. — Avantages des procédés de soudure *c* et *d*.

Le procédé de soudure autogène, avec ou sans apport de fer thermit, présente des avantages pratiques dont voici les principaux :

1° Les pièces peuvent être soudées dans la position même qu'elles occupent, sans aucun déplacement ;

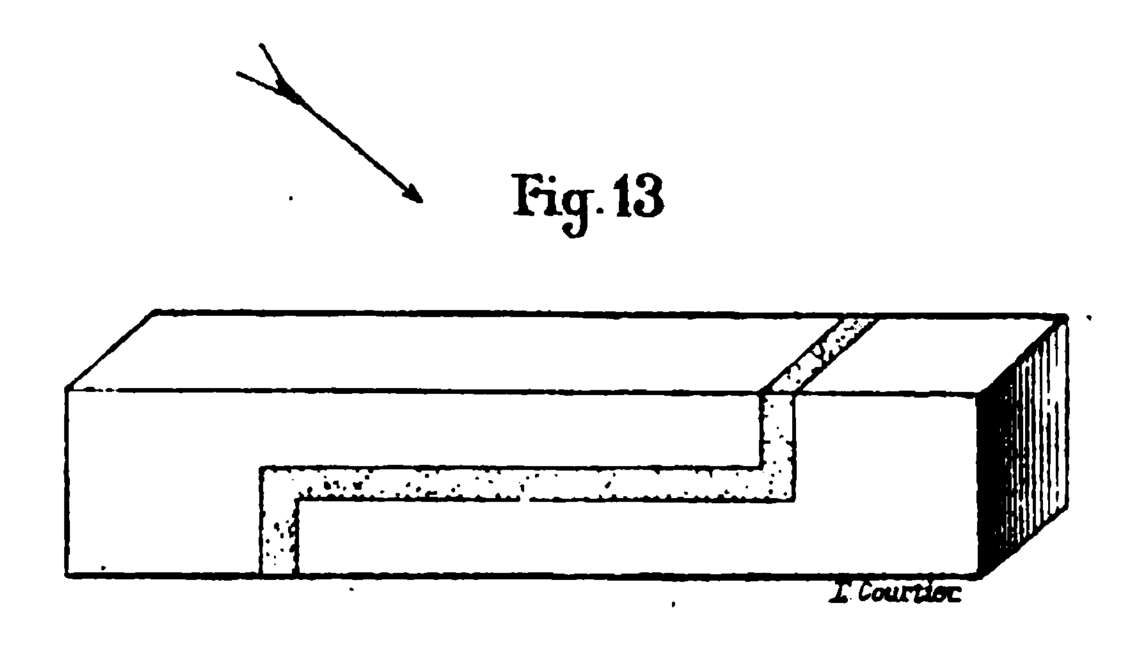
2° L'endroit de la soudure se trouve recouvert d'une couche d'alumine qui fait prise immédiatement et protège la soudure de l'action de l'atmosphère ; cette couche d'alumine remplit aussi, dans une certaine mesure, le rôle d'un moule, pour empêcher les déformations du fer, ramolli à la température de soudage ;

3° Le procédé permet, par un calcul exact de la quantité de masse de réaction, de déterminer, au préalable, le dégagement maximum de chaleur, de façon à éviter le chauffage trop considérable, c'est-à-dire la fusion du fer ;

4° Les pièces sont chauffées uniformément tout autour du profil, ce qui n'a pas lieu avec la soudure autogène par voie électrique, où la chaleur supportée aux points de contact est extrêmement élevée et peut amener facilement la brûlure des pièces à souder ;

5° La chaleur est obtenue *sans intervention de charbon*, de sorte que, si l'on a soin d'employer de l'oxyde pur pour le mélange calorifique, on évite tout changement dans la nature du métal ;

6° Le procédé peut être employé même lorsque la surface de



contact n'est pas droite, mais anguleuse, courbe, etc. Ainsi, la figure 13 montre une soudure pour un assemblage à mi-épaisseur : la surface métallique ayant été bien blanchie, on l'en-

toure d'un moule (non représenté sur la figure), on opère la coulée et on exerce une pression oblique, comme l'indique la flèche ;

7° S'il s'agit notamment de tubes de vapeur, les réunions par soudure aluminothermique sont plus pratiques que les jonctions par brides si l'on désire recouvrir ces tubes d'un revêtement calorifuge ; de plus, les joints ordinaires ne résistent pas à plus de 15 à 30 *atm*, tandis que les tubes soudés de la manière indiquée peuvent supporter jusqu'à 400 *atm* sans donner lieu à aucun suintement à la place soudée, et cette dernière peut même être soumise à une courbure à froid sans céder ;

8° Enfin, il faut considérer aussi l'avantage pécuniaire : d'après M. Goldschmidt, le soudage aluminothermique serait le procédé le moins onéreux.

En ce qui concerne le soudage des tubes de vapeur, dont nous avons parlé, le prix de ce travail ne dépasserait guère la moitié et même quelquefois le tiers du prix du meilleur joint boulonné.

Pour les rails, le joint par soudure est, naturellement, préférable à l'éclissage lorsque les rails doivent servir de conducteur électrique. De plus, les véhicules qui roulent sur les rails ainsi assemblés ne subissent pas de chocs au passage des roues sur les joints, comme dans le cas de l'éclissage ordinaire.

Le procédé de soudage aluminothermique des rails, employé à Rouen pour les voies de tramways, a donné toute satisfaction.

H. — Préparation du carbure de calcium.

On sait que le carbure de calcium résulte, industriellement, de la combinaison du charbon avec le calcium mis en liberté par réduction de la chaux, également au moyen du charbon. La réaction se formule comme suit :

$$CaO + 3C = CaC^2 + CO.$$

Mais, dans la pratique, les choses ne se passent pas aussi facilement qu'on le désirerait, parce que la réduction de la chaux ne peut avoir lieu qu'après fusion des corps mis en présence, ce qui n'arrive qu'à une température extrêmement élevée. Pour diverses causes, les calculs relatifs à la chaleur nécessaire pour la formation du carbure de calcium ne donnent que des résul-

tats incertains; on peut cependant admettre qu'il faut 2800 à 3000 calories par kilogramme de carbure ; c'est ce qui explique que, jusqu'ici, on ait été obligé de recourir au four électrique.

Or, récemment, M. le docteur Wolff a fait breveter un procédé qui permet de fabriquer le carbure de calcium en utilisant la chaleur dégagée par un mélange aluminothermique.

Il suffit de mélanger intimement de l'aluminium pulvérisé à la chaux et au charbon et d'enflammer la masse au moyen d'une cartouche d'allumage ; la réaction se propage automatiquement et progressivement dans toute la masse, parce que l'oxydation vive de l'aluminium produit la chaleur nécessaire pour effectuer la fusion et la réduction de la chaux et, enfin, la formation du carbure.

***

En résumé, l'exposé que nous venons de faire des principales applications industrielles de l'aluminothermie montre que la découverte de M. Goldschmidt semble appelée, comme nous le faisions remarquer au commencement de cette étude, à tenir une place importante dans l'industrie métallurgique.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

Indications préliminaires.

DEUXIÈME PARTIE

Modes d'application du procédé.

LES PROGRÈS DES MOTEURS A GAZ

LE NOUVEAU MOTEUR NIEL[1]

PAR

M. Auguste MOREAU

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

En octobre 1891, peu de temps après l'Exposition de 1889, nous avions l'honneur de présenter à la Société des Ingénieurs civils de France, un Mémoire sur l'état de l'industrie des moteurs à gaz à cette date.

Nous faisions déjà remarquer la supériorité du rendement thermique du moteur à gaz sur celui de la meilleure machine à vapeur, et notre conclusion était que cette dernière aurait en lui, sous peu, un concurrent des plus sérieux.

Ce moment paraît aujourd'hui arrivé, grâce surtout à l'entrée en lice des gazogènes et à leurs récents perfectionnements.

Il n'y a pas bien longtemps encore, avec le gaz à 0,25 *f* le mètre cube, les 1 000 calories revenaient à environ 0,05 *f*, le pouvoir calorifique du gaz dépassant peu 5 000 calories.

Or, 1 *kg* de charbon fournissant 8 000 calories dans les chaudières ordinaires et coûtant 0,02 *f*, la calorie ne revient qu'à 0,0025 *f* et la victoire restait, en entier, à la vapeur.

Il fallait, d'ailleurs, compter aisément, comme consommation des meilleurs moteurs à gaz, 1 000 *l* par cheval et par heure, et se borner à employer des moteurs de petite force ou de force moyenne.

Aujourd'hui, les choses ont bien changé; tout d'abord, la consommation, dans les moteurs bien aménagés, a diminué de moitié, et oscille couramment autour de 500 *l* par cheval et par heure, pour tomber encore quelquefois au-dessous de ce chiffre.

La force des moteurs a passé successivement de 8, 10, 20 à 50, 100, 500 et même 1 000 *ch* et plus.

(1) Voir planches nos 34 et 35.

Ce résultat est dû à l'augmentation de la compression préalable, de la détente, de la vitesse ; au mélange mieux fait du gaz et de l'air nécessaire à la combustion ; à un allumage mieux réglé et donnant moins de ratés ; à une meilleure construction, etc.; tout cela concourait à donner au moteur à gaz des rendements thermique et organique de plus en plus satisfaisants.

Mais l'emploi des gazogènes, permettant la fabrication pratique et économique de gaz pauvre à 1 300 calories par mètre cube ; le perfectionnement de ceux-ci, qui exigeaient d'abord des anthracites de provenance anglaise et de premier choix, remplacés aujourd'hui par les houilles maigres ordinaires ; tout cela permettait d'abaisser le prix du gaz, intérêt et amortissement des appareils compris, à moins de 0,02 *f* le mètre cube, et les 1 000 calories à 0,015 *f* ; la machine à vapeur était dépassée, surtout depuis l'emploi des appareils Mond permettant l'emploi de charbons menus et bitumineux, peu coûteux, et de récupérer, en même temps des produits ammoniacaux représentant une valeur de 8 à 10 *f* par tonne.

Dans une remarquable étude, publiée en janvier 1902, dans l'*Éclairage électrique*, le savant Ingénieur et Professeur de Lille, M. Witz, qui fait autorité en ces matières, a établi la comparaison, dans les conditions actuelles, entre le rendement des machines à vapeur et des moteurs à gaz, et il arrive aux conclusions suivantes que nous résumons brièvement.

1° Chaudière à vapeur.

Il ressort des essais effectués par des maitres, sur des appareils excellents et installés dans les meilleures conditions, que l'on considère comme remarquables des rendements de 70,8 à 75,5 0/0.

Et, de fait, il semble bien difficile de les dépasser. Se basant sur sa grande expérience, M. Bellens a déclaré que les pertes par combustion incomplète, par excès d'air, par tirage, par rayonnement extérieur et conductibilité des massifs, ne peuvent guère être inférieures à 27,3 0/0 ; le rendement maximum pratique serait donc voisin de 72,7 0/0, ce qui concorde avec le sconclusions de M. Witz et les justifie.

Il importe enfin d'avoir d'habiles et infatigables chauffeurs ; ils apportent, en effet, leur coefficient personnel dans le rendement de l'appareil, et ils contribuent au succès pour une large

part. Incapables ou négligents, ils peuvent augmenter la dépense de charbon de 10 à 15 0/0 :

Les concours institués par certaines Sociétés (concours auxquels ne participent que les sujets d'élite) font constater, même entre eux, des différences notables. Ainsi, aux concours organisés par l'Association du Nord, le chauffeur primé produisait, en 1896, 8,459 *kg* de vapeur, alors que le résultat moyen des candidats était de 7,709 *kg*, l'écart est de près de 10 0/0.

En marche industrielle, le rendement est, du reste, très inférieur à celui que donne une marche d'essais, pour beaucoup de raisons autres que celles que nous venons d'énumérer. Quand on détermine le rendement d'un générateur d'après la quantité de charbon brûlé en un mois et le poids d'eau vaporisée durant la même période, on est bien loin de trouver un rendement moyen comparable à ceux que nous avons relatés plus haut, et bien des industriels s'estimeraient heureux de retrouver dans la vapeur engendrée, les 60/100es des calories produites par la combustion du charbon brûlé sur la grille de leurs générateurs.

En effet, les pertes par la cheminée sont au moins égales à 26 0/0 en marche courante, parce que le volume d'air admis dans le foyer est toujours supérieur au double du volume théorique, ainsi que le prouve la proportion de 7 0/0 d'anhydride carbonique et d'oxygène qu'on trouve dans la fumée ; d'autre part, les pertes par rayonnement tombent rarement au-dessous de 9 0/0. Il reste donc 5 0/0 pour les pertes par les cendres, les allumages, la couverture des feux, etc.

Le rendement de 60 0/0 est, par conséquent, un beau rendement industriel.

Nous conclurons donc en disant que, si certaines chaudières peuvent donner jusqu'à 77,5 0/0, aux essais, ce maximum n'est presque jamais atteint ; qu'un rendement de 70 est déjà très satisfaisant et que, en réalité, les industriels ne peuvent guère escompter qu'un rendement annuel moyen de 60 0/0 avec les installations les mieux étudiées et les plus surveillées.

2° Machine à vapeur.

Avec la machine à vapeur actuelle et dans les meilleures conditions, un rendement thermique de 18,8 0/0 obtenu par M. le professeur Thurston sur une machine Alis et Cie à triple expansion installée à Milwaukee, pour le service des eaux, paraît

être un maximum que la surchauffe de la vapeur permet seule de dépasser en atteignant 19 0/0.

Les meilleurs essais pour les machines à faible puissance donnent les résultats suivants :

PUISSANCE	TYPE	PRESSION de la VAPEUR	CONSOMMATION DE VAPEUR par cheval-heure indiqué
		kg	*kg*
20 à 50 *ch*	Monocylindrique.	6	8
50 à 100 *ch* . . .	Monocylindrique.	»	8 à 7
100 à 200 *ch* . . .	Monocylindrique.	»	7
200 à 500 *ch* . . .	Compound.	8	7 à 6
500 à 1 000 *ch* et au-dessus . . .	Compound ou triplex.	9	6 à 5,5

Nous supposons des machines à condensation, alimentées de vapeur saturée et sèche; ces chiffres sont discutables en valeur absolue, mais ils paraissent suivre la gradation qu'on observe dans la pratique.

En marche industrielle, on ne dépasse que bien rarement un rendement de 17 0/0, et le rendement annuel d'une machine d'atelier est bien inférieur à ce chiffre.

3° Groupe chaudière et machine.

D'après les chiffres qui précèdent, le groupement des deux engins, chaudière et machine, chacune supposée la meilleure de son type, dans les meilleures conditions, avec surchauffe de la vapeur obtenue par les chaleurs perdues du foyer, donne un rendement indiqué de $775 \times 0{,}190 = 0{,}147$.

Nous admettrons 0,14 seulement pour tenir compte des pertes subies par le transport de la vapeur de la chaudière au cylindre et des condensations correspondantes; Zenner estime ce déchet à 2 0/0, nous sommes donc bien au-dessous de ce chiffre.

Nous répétons qu'en marche industrielle on est loin d'obtenir ces résultats, et que, dans certains cas, on s'en éloigne même beaucoup.

Voyons maintenant ce que l'on obtient avec l'installation parallèle du gazogène moderne et du moteur à gaz.

1° Gazogène.

Nous rappelons que l'emploi du gazogène repose sur la réaction bien connue du charbon porté au rouge sur la vapeur d'eau :

$$C + HO = CO + H.$$

Il y a, en outre, combustion d'une partie du charbon qui produit de l'acide carbonique, lequel comme on sait, se réduit au contact des charbons incandescents en oxyde de carbone et oxygène. Tout cela est, en outre, mélangé de l'azote inerte de l'air introduit. Aussi, le mélange final ainsi obtenu, et appelé *gaz pauvre*, n'a-t-il guère qu'une puissance calorifique maximum de 1 400 calories ou le quart de celle du gaz d'éclairage courant. Il faudra donc, pour produire le même travail, quatre fois plus de gaz pauvre que de gaz ordinaire.

En outre, la présence des gaz inertes dans le cylindre réduit d'environ 1/5 la puissance du moteur, défaut que l'on peut combattre par une augmentation de la compression.

D'après M. Witz, 1 *kg* de carbone à 8 080 calories donne 5,26 m^3 de gaz pauvre à 1 361 calories renfermant en volume :

Oxyde de carbone	29,4
Gaz oxygène.	17,6
Gaz inertes	53,0
TOTAL.	100,0

Les gaz utiles représentent donc à peu près la moitié du volume total.

Avec du charbon à 25 *f* la tonne, vendu à l'année, le prix du mètre cube de gaz pauvre ressort tout compris, intérêt, amortissement et frais divers, à 0,015 *f*.

Cela posé, le rendement thermique des gazogènes, comme celui des chaudières, subit des variations importantes suivant la nature du combustible employé, l'allure du feu qui se règle par la proportion de vapeur d'eau injectée dans la cuve, dépendant elle-même de la quantité d'air et de la qualité du charbon; le débit du gaz, son degré d'épuration, etc.

Le débit du gaz est, en effet, loin d'être constant dans la pratique; il subit de perpétuelles variations en même temps que le degré d'activité du feu; il en résulte des différences sensibles dans la qualité du gaz et les phénomènes de réductions qui s'opèrent dans la cuve, par suite dans le rendement.

Il résulte d'un certain nombre d'expériences et d'essais industriels opérés dans les conditions de compétence et d'impartialité incontestables, que le rendement d'un gazogène essayé avec les précautions usitées en pareil cas, est ordinairement de 80 à 84 0/0 et que, dans l'industrie, on peut compter couramment sur un chiffre de 62 à 63 0/0.

Nous avons signalé plus haut les gazogènes du Dr Mond. Ces appareils, installés à Northwich, ont pour caractéristique une forte injection de vapeur dans la cuve, ce qui leur donne une allure froide permettant l'emploi de charbons bitumineux qui ne peuvent plus alors s'agglutiner ni former de mâchefers, ni de scories fusibles. En outre, on peut recueillir en grande partie les produits ammoniacaux formés, qui ne sont plus décomposés.

Nous n'avons pas besoin d'ajouter que cette production importante d'oxyde de carbone, dont il est difficile d'empêcher l'expansion partielle au dehors des appareils, exige des précautions spéciales consistant surtout en une bonne ventilation des locaux dans lesquels sont installés les gazogènes et les moteurs.

2° Moteur à gaz.

Le moteur à gaz présente ses plus beaux rendements thermiques dès la force de 10 *ch* et il s'adapte aussi bien au gaz de ville à 5.300 calories qu'au gaz pauvre à 1.300; de récentes tentatives, entre autres celles de Cockerill, démontrèrent qu'il en était de même pour le gaz des hauts fourneaux dont le pouvoir calorifique oscille autour de 900 à 980 calories.

De nombreux essais démontrent que l'on peut obtenir aisément des rendements de 31,6 0/0 indiqués et 27 0/0 effectifs, quoique dans l'industrie on se contente souvent de 17,3 0/0 correspondant à une dépense de 700 *l* de gaz à 5 300 calories par cheval et par heure.

3° Gazogène et moteur.

En résumé, l'accouplement d'un gazogène à rendement de 84 0/0, avec un moteur à gaz à 31,6 0/0 indiqué ou 27 0/0 effectif, donne un rendement final de :

$$0{,}84 \times 0{,}316 = 0{,}265,$$
$$\text{ou } 0{,}84 \times 0{,}170 = 0{,}022,$$

ce qui correspond à une consommation de charbon à 8 200 calories de 292 *g* par cheval-heure indiqué et 352 *g* effectif.

Ce sont là évidemment des conditions exceptionnelles qui ne sont pas souvent atteintes dans la pratique; on a rarement un accouplement de deux organes, gazogènes et moteurs, donnant le rendement maximum, pas plus qu'un charbon donnant 8200 calories sans aucune déduction; enfin il se produit de certaines pertes de charge dans le passage d'un appareil à l'autre. Le plus souvent la consommation par cheval-heure indiqué varie de 385 à 560 *g*, et les cahiers des charges fixent à 1 *kg* par kilowatt, ou 736 *g* le maximum par cheval effectif, chiffre qui n'est jamais atteint.

Conclusion.

On voit, d'après ce qui précède, que le rendement thermique du gazogène est un peu supérieur à celui du générateur de vapeur et que le rendement du moteur à gaz est notablement supérieur à celui de la meilleure machine à vapeur.

La consommation de combustible avec groupe gazogène le plus simple est loin d'atteindre celle du groupe vapeur le plus important.

La conclusion qui s'impose donc dès maintenant, c'est que dans ce tournoi scientifique entre le moteur à gaz et la machine à vapeur au point de vue du rendement thermique, c'est-à-dire de la transformation des calories en kilogrammètres, l'avantage reste définitivement acquis au moteur à gaz.

Remarques.

En revanche, le moteur à quatre temps le plus pratique pour des raisons que tout le monde connait ne donne qu'un coup de piston utile pour deux tours de volant; avec un cylindre de

même volume on ne peut donc obtenir que le quart du travail utile de la machine à vapeur.

Le moteur à gaz présente, d'ailleurs, d'autres inconvénients, qui exigent des précautions spéciales: les dépôts solides à l'intérieur du cylindre, résultant de la combustion et nécessitant de fréquents nettoyages; la fatigue et l'usure exceptionnelles des soupapes d'admission et d'échappement, d'un usage général aujourd'hui, qui souffrent beaucoup de la présence immédiate de gaz enflammés à très haute température; d'où des réparations fréquentes et faites avec grand soin si l'on veut éviter les déperditions, et, par suite, les consommations inutiles et exagérées de gaz pour un même travail.

Le cylindre, porté à très haute température, a besoin d'être refroidi si l'on veut pouvoir compter sur un bon graissage; d'où une consommation d'eau quelquefois assez importante.

Enfin, ce graissage a besoin d'être l'objet de soins tout particuliers, car il présente ici, vu les températures élevées, beaucoup plus de difficultés que dans la machine à vapeur à la pression la plus forte.

M. Witz n'a, d'ailleurs, pas négligé ce côté de la question et dans une nouvelle et plus récente étude de mai 1902, il a comparé les deux machines au point de vue du prix du cheval-heure effectif, de la sécurité, de la régularité, et de la consommation d'eau.

Ses dernières conclusions sont encore les suivantes :

Au quadruple point de vue du prix de revient de l'unité de travail, de la sécurité du fonctionnement, de la régularité de la marche et de la consommation d'eau, les moteurs à gaz peuvent entrer en lutte avantageusement avec les machines à vapeur, dans des conditions déterminées, quand ils sont bien installés, bien conduits et bien adaptés au genre de services qu'ils sont appelés à rendre. S'ils ne sont pas encore susceptibles d'une application aussi générale, ils doivent, dès maintenant, être l'objet d'une préférence marquée dans certains cas spéciaux, que les ingénieurs compétents sauront reconnaître, et dont l'industrie tirera un grand profit.

LE NOUVEAU MOTEUR NIEL

Généralités.

Le nouveau moteur construit par la Compagnie Niel est absolument différent de ces anciens modèles; il est basé surtout sur la notion admise par tous aujourd'hui que le meilleur moyen actuel d'améliorer le rendement des moteurs à gaz à quatre temps, est d'augmenter la compression préalable du mélange de gaz et d'air destiné à produire l'explosion.

Dans ce but, on a adopté un cylindre suivi d'une étroite chambre de compression dont les dimensions ont été calculées pour obtenir une compression de 10 à 12 *kg*; l'espace nécessaire au déplacement des soupapes est réduit autant que possible, en disposant celles-ci en opposition l'une de l'autre et verticalement, comme dans les machines à vapeur Sulzer.

Malgré l'emploi de cette forte compression, le nouveau moteur n'est pas limité à l'emploi du gaz pauvre sous peine d'explosions prématurées ou excessives; on peut faire usage du gaz d'éclairage ordinaire en prenant simplement la précaution de le diluer dans une quantité d'air double de celle qu'on admet ordinairement. On obtient ainsi du gaz presque aussi pauvre que celui d'un gazogène, de telle sorte que le moteur peut fonctionner indifféremment au gaz pauvre ou au gaz de ville; il suffit de remplacer la soupape d'admission du gaz, ce qui n'exige que quelques minutes.

Le moteur considéré fait partie, avons-nous dit, de la catégorie la plus répandue aujourd'hui, celle des moteurs à quatre temps. Il se compose, dans ses parties essentielles *(Pl. 1, fig. 34)* d'un bâtis général en fonte Z, sur lequel repose un cylindre ouvert à l'avant, avec culasse rapportée à l'arrière renfermant la chambre de compression et les soupapes de distribution; cette culasse, de dimensions très réduites par rapport au cylindre, est seule en porte-à-faux, alors que le cylindre proprement dit est supporté par son centre et solidement assis sur le bâtis.

La tige du piston actionne une bielle reliée elle-même à un arbre coudé posé sur deux paliers faisant partie du bâtis, et qui transforme le mouvement de va-et-vient du piston en un mou-

vement circulaire ; un troisième palier supplémentaire, fixé sur un massif en maçonnerie, et parallèle aux deux précédents, supporte le prolongement de l'arbre qui reçoit le volant et la poulie de renvoi ; ces deux organes sont donc eux-mêmes parfaitement assis et non en porte-à-faux comme cela se voit souvent.

Pour faciliter le montage, la poulie motrice est en deux pièces.

Les deux bras A du bâtis, reliant le cylindre aux paliers, sont disposés sysmétriquement par rapport à l'axe du piston, ne travaillant absolument qu'à la traction, sans avoir à supporter aucun effort de cisaillement ni de flexion. Les paliers du vilebrequin Y du genre Corliss, à cages rigoureuses, sont maintenues à la partie supérieure par des talons venus de fonte avec leurs chapeaux, ce qui évite également toute flexion.

La symétrie et la répartition raiionnelle, en même temps que bien équilibrée et bien assise, des organes est une chose particulièrement précieuse dans un moteur à gaz, et, en général, dans toute machine à explosions où les efforts sont violents.

Il y a là, également, un facteur de la régularité de la marche, régularité tant recherchée avec ce genre de machines, surtout quand elles sont attelées à des dynamos.

Le moteur qui nous occupe est établi pour produire 45 *ch* effectifs. En voici les principaux éléments :

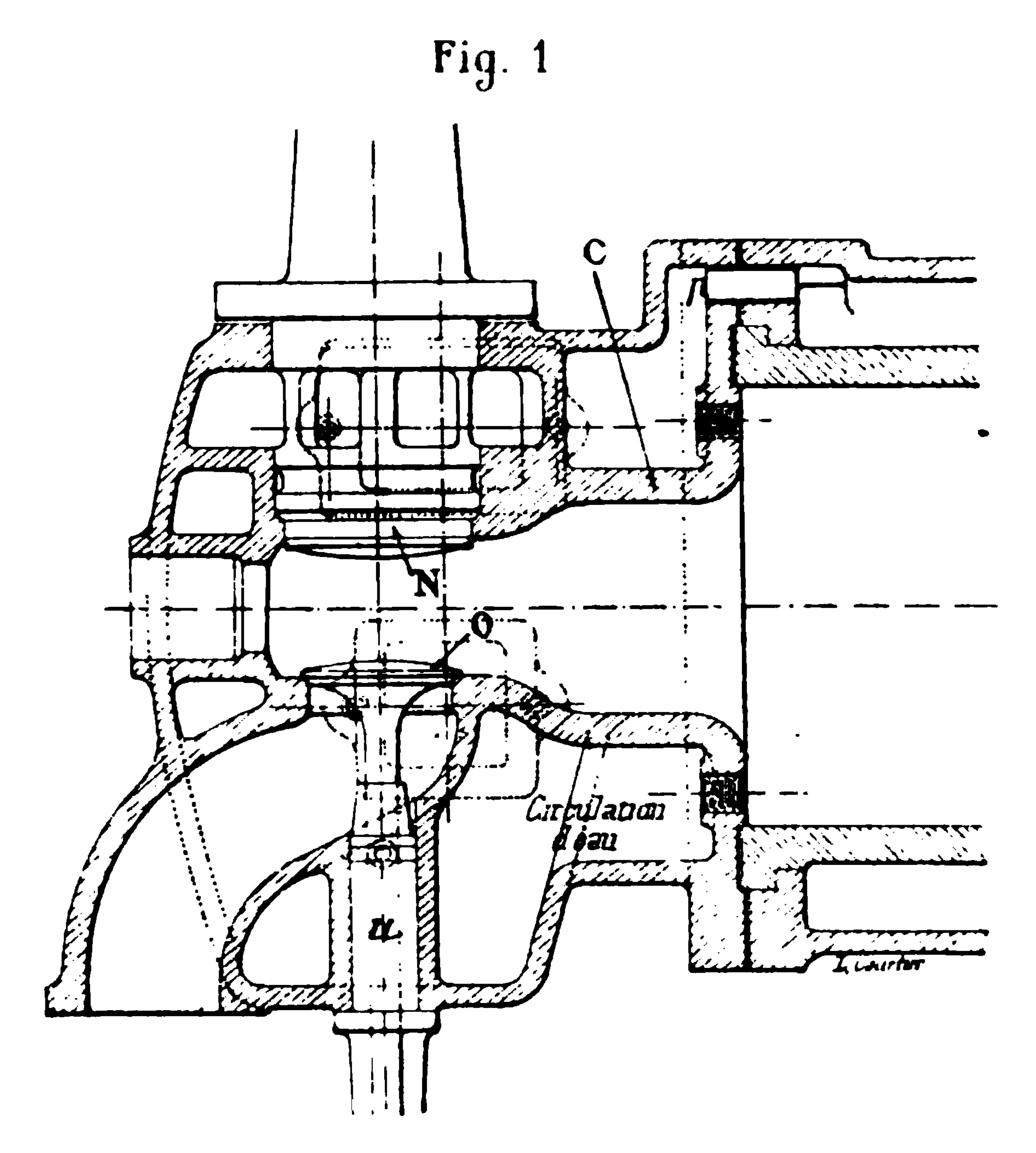
Diamètre du cylindre. . . . . .*m*	0,350
Course de piston	0,480
Diamètre du volant.	2,20
Volume d'une cylindrée . . . . *l*	48,5
Pression de compression . . . *kg*	10 à 12
Pression d'explosion	22 à 25
Consommation d'huile par heure *gr*	200
Consommation d'eau par cheval-heure. . . . . *l*	9 à 10
Consommation de gaz de ville par cheval-heure effectif . . . . . *l*	439
Température ordinaire de sortie de l'eau entrant à 12°.	70°
Nombre de tours par minute. . . .	216

Cylindre.

Le cylindre, rapporté comme nous venons de le dire, dans l'intérieur du bâtis, est composé de plusieurs pièces assemblées avec joints en amiante fortement boulonnés.

C'est d'abord une douille cylindrique centrale, d'épaisseur constante B *(Pl. 34, fig. 2* et *pl. 35, fig. 3)*, ne possédant aucune nervure, ce qui permet de marcher à des températures assez élevées, sans que l'on ait à craindre des surélévations locales, entraînant des déformations ou des fuites au piston. Cette douille, dans laquelle se meut ce dernier, est logée elle-même

Fig. 1



à l'intérieur d'une seconde paroi extérieure *b* venue de fonte avec le bâtis, et laissant entre elle et B une chambre annulaire dans laquelle circule l'eau de refroidissement. A l'arrière est fixée la culasse mobile C renfermant les soupapes d'introduction du mélange et d'échappement ; elle supporte tout le mécanisme de distribution et d'allumage.

La soupape d'échappement *o* est guidée elle-même par une douille *u* rapportée dans la culasse, et facile à remplacer en cas d'usure ou de réparation *(fig. 1)*.

La circulation de l'eau se fait d'une manière rationnelle, comme suit : l'eau arrive d'abord à la partie inférieure de la culasse par une tubulure spéciale *e (fig. 1, pl. 34 et 35)*, rafraîchissant en première ligne la soupape d'échappement; de là, elle se rend autour du cylindre, en passant par une ouverture *p*, située à la partie supérieure; elle circule ensuite autour de ce dernier, en accomplissant normalement son travail de réfrigération *(fig. 5)*.

L'eau la plus chaude monte naturellement à la partie supérieure, où elle est évacué au dehors à la température d'environ 70°.

La sortie s'effectue à l'avant du cylindre, en un point *q (fig. 1, pl. 34)*, situé à peu près aux deux tiers de sa longueur et où commence, dans l'enveloppe annulaire, une partie rétrécie *(fig. 2)*, entraînant une circulation moins active de l'eau dans cette région qui n'est pas chauffée par les gaz de l'explosion et a moins besoin d'être refroidie.

Cette disposition est tout à fait logique, car la soupape d'échappement *o*, située à la partie inférieure, s'ouvre d'une manière automatique, lorsque la manivelle est à 50°, en avant du point mort, et au moment où l'arrière fermé du piston arrive précisément à l'origine *b* de cette partie rétrécie.

L'évacuation des gaz brûlés commence alors à cet instant, et la partie avant du cylindre n'est plus chauffée directement par l'explosion, mais simplement par contact avec les parties chaudes de l'arrière ; il y a donc phénomène de détente et, par suite, de refroidissement relatif; pour conserver une température uniforme, il n'est donc pas utile de rafraîchir cette région autant que la précédente, ce qui justifie le rétrécissement et entraîne comme conséquence une économie sensible dans la consommation d'eau.

Comme on le voit, l'admission de l'eau la plus froide dans la région la plus chaude du cylindre, la culasse, et sa sortie vers l'avant, dans les conditions que nous venons d'exposer, constituent un ensemble tout à fait rationnel, qui, avec la suppression des nervures de fonte, permet d'obtenir une température uniforme sur toute la surface extérieure du cylindre. On évite ainsi, comme nous l'avons dit, les causes de déformation de ce dernier et les fuites, ou les grippements du piston, qui se produisent si fréquemment dans nombre de machines de ce genre.

Nous insisterons particulièrement sur ce fait que, dans la plupart des moteurs, le cylindre est venu de fonte avec son enve-

loppe, ce qui exige la présence de nervures intermédiaires, d'où des différences d'épaisseur dans le métal, entraînant des différences importantes de températures ; il en résulte des dilatations inégales et des déformations du cylindre, par suite une grande difficulté pour obtenir l'étanchéité du piston.

Cette question de la circulation de l'eau et du refroidissement des parois est capitale dans les moteurs à gaz.

La compression préalable est, comme on le sait, de première importance, afin de diminuer la déperdition de chaleur par les parois et le refroidissement des surfaces en contact avec les gaz au moment de leur inflammation, qui a lieu aux environs de 1 800°.

La dépense de gaz est d'autant plus faible et le rendement théorique d'autant meilleur que les gaz sont plus comprimés ; il y a donc intérêt à les comprimer le plus possible avec la limite de ne pas avoir d'inflammation spontanée et de laisser à la machine la douceur de sa marche et la régularité de son fonctionnement, les explosions trop violentes pouvant compromettre, en effet, la stabilité des organes les plus essentiels.

Lorsqu'on remplit moins le cylindre du mélange tonnant, on a, au retour, une compression évidemment moins forte et le rendement thermique s'en ressent immédiatement, puisqu'il est à peu près proportionnel à la compression initiale. Mais cet inconvénient est en partie atténué par l'élévation de température des parois et les diagrammes ne montrent pas, à l'aspiration, la différence ou chute de pression, qu'on pourrait en attendre ; le mélange explosif emprunte, en effet, aux parois du cylindre, une quantité de chaleur suffisante pour empêcher que cette chute de pression devienne notable. C'est pour cela également que la courbe finale de tous les diagrammes, celle qui correspond à la course arrière du piston au moment de l'échappement, ne se confond pas dès l'origine avec la ligne atmosphérique ; c'est que la chute de pression à zéro n'est pas immédiate : elle ne se produit qu'à l'extrémité de la course, toujours à cause de l'influence des parois.

Pour obtenir un bon graissage, chose également fondamentale dans ce genre de machines, les parois ne doivent en outre pas dépasser 300°, si l'on ne veut volatiliser complètement les meilleures matières lubrifiantes connues à ce jour. On voit, en même temps, l'influence que peuvent avoir ces parois sur le rendement ; aussi, la vitesse d'un moteur à gaz doit-elle être assez grande, 160 à 200 tours au minimum par minute.

On a bien cherché à diminuer la quantité de chaleur emportée par l'eau de réfrigération ; mais alors, le bénéfice est perdu par l'échappement où se retrouve toute la chaleur que l'eau n'a pas emportée, le nombre de calories produisant du travail utile restant à peu près constant.

Cela a été démontré par de nombreuses et très probantes expériences.

Distribution.

La distribution des moteurs à gaz se fait aujourd'hui d'une manière générale par soupapes. Les tiroirs ont été abandonnés depuis longtemps, à cause des nombreux inconvénients qu'ils présentent, et, si les soupapes n'ont pas donné, dès le début, les bons résultats qu'on en attendait, c'est qu'on les a trop souvent fait fonctionner dans une position horizontale.

Ces soupapes, en effet, toujours délicates à bien roder et à bien ajuster, se détériorent assez rapidement sous l'effet des chocs successifs et des températures de 1 800 à 2 000°, auxquelles elles sont constamment exposées ; si elles sont horizontales, elles ne portent bientôt plus que très imparfaitement sur leurs sièges, malgré tous les ressorts dont on peut les accompagner, et il en résulte des fuites, une consommation anormale de gaz carburant et des pertes de travail.

Quand on fait usage des soupapes, il faut toujours les placer verticalement, ce qui permet de pouvoir compter sur leur propre poids pour aider à leur bon fonctionnement. C'est ce qui a été fait, dans le cas actuel.

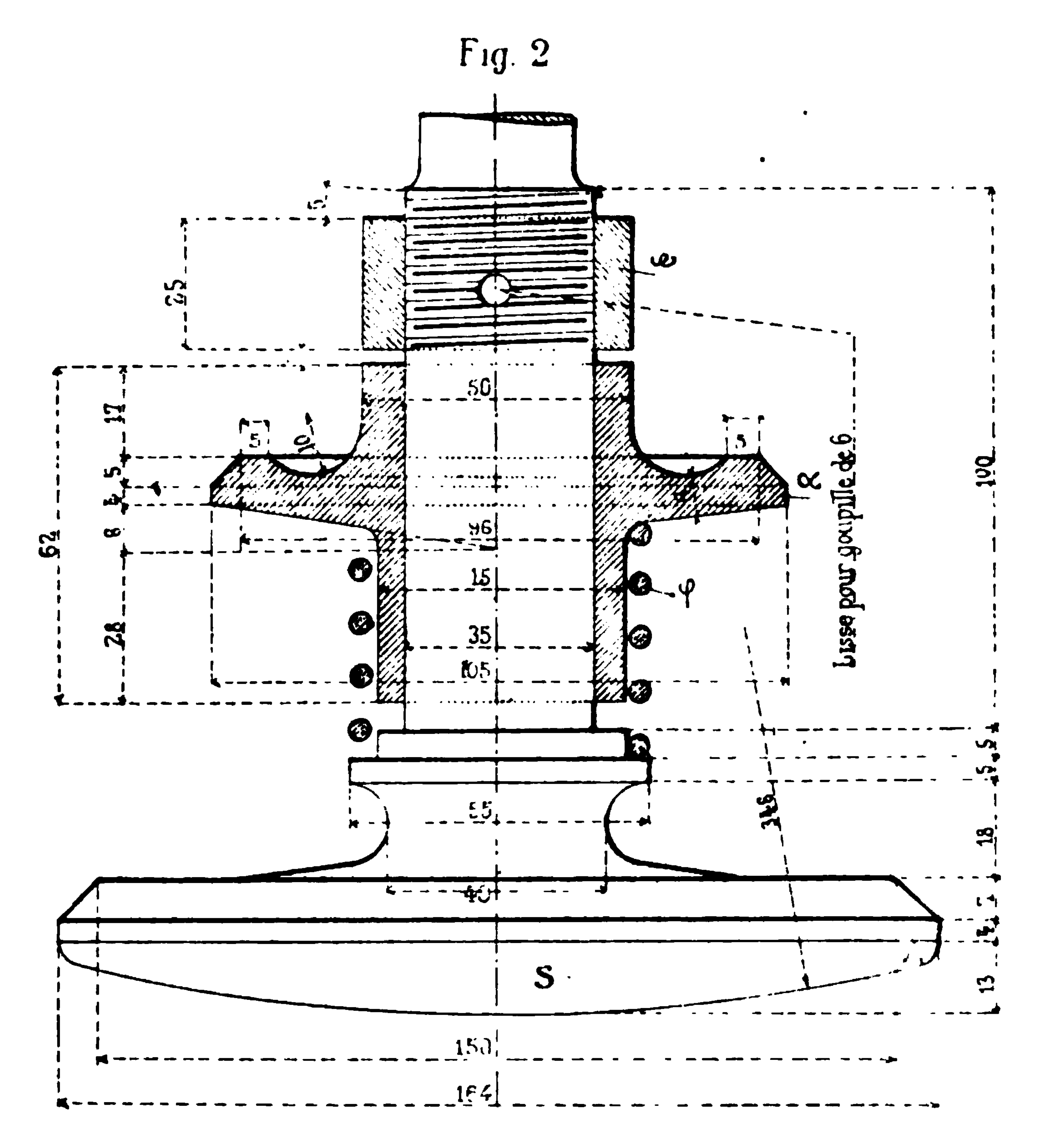
La soupape d'échappement, située à la partie inférieure de la culasse, en *o*, est en acier forgé *(fig. 1)*. Elle a une levée fixe et invariable, commandée par un bras *t*, mu par une came *r* calée sur l'arbre de distribution D *(fig. 1 et 2, pl. 35)*; celui-ci est commandé par l'arbre moteur, au moyen de deux engrenages hélicoïdaux réduisant la vitesse de moitié comme d'ordinaire; ces engrenages, ainsi que tous les autres de la machine, sont soigneusement enveloppés et cachés, ce qui les met à l'abri des chocs extérieurs et des poussières, et facilite leur entretien.

L'entrée de l'air se fait, par un premier réglage à la main, au moyen d'une soupape R *(fig. 1, 2 et 3, pl. 35)* commandée par un volant portant un index qui se meut sur une petite réglette graduée; on obtient ainsi *à priori* une introduction invariable de

l'air dans la chambre de mélange; un léger excès d'air paraît utile pour servir de matelas élastique au moment de l'explosion, et adoucir la transmission du choc aux organes du mouvement.

L'arrivée du gaz, venant d'abord par le robinet Q, et l'entrée du mélange dans le cylindre, se font au moyen de deux soupapes conjuguées placées dans la culasse, au fond de la chambre de compression, et à l'extrémité supérieure du diamètre vertical de la soupape d'échappement *(fig. 1, pl. 35)*. Ces deux sou-

Fig. 2



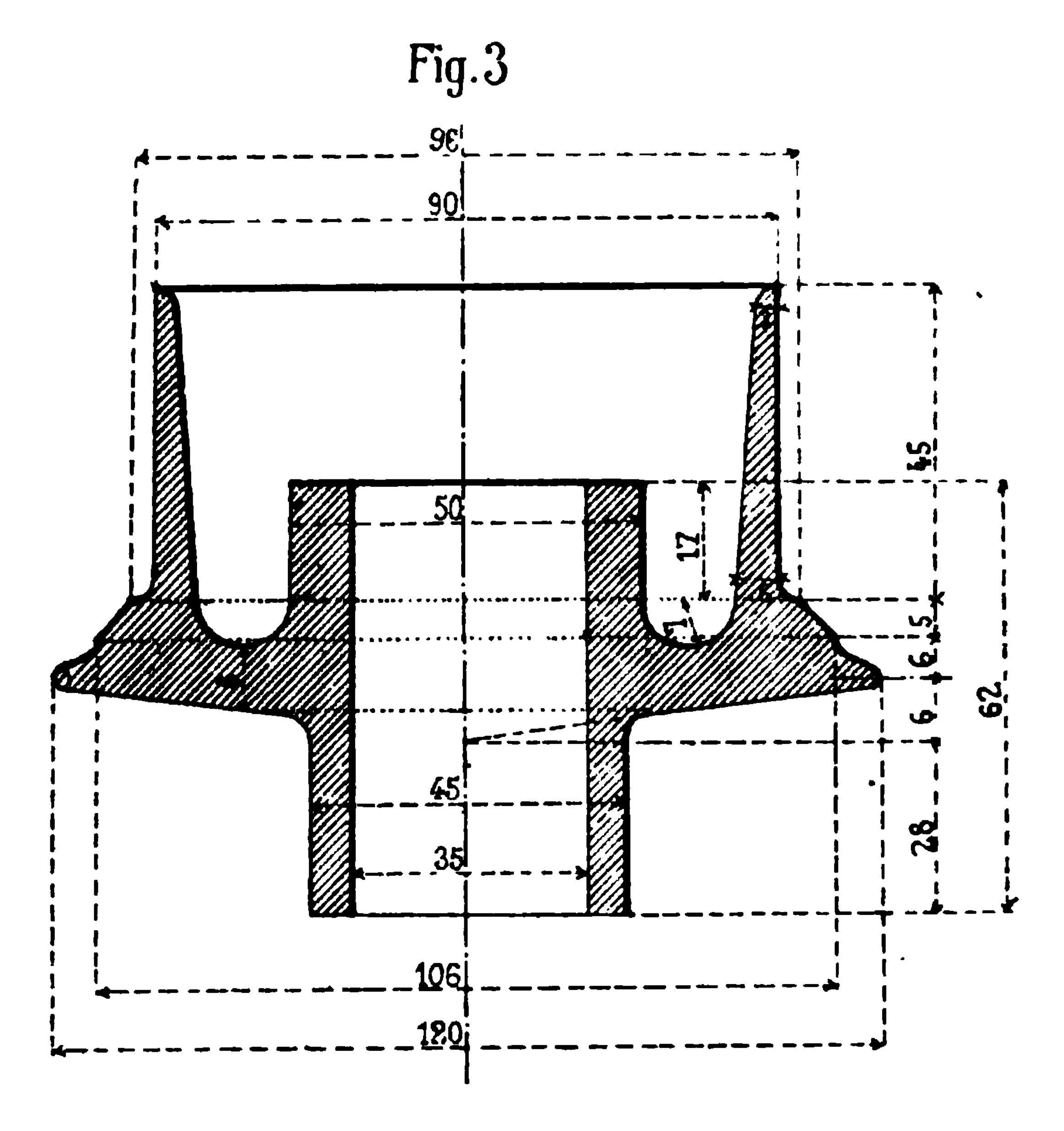
papes conjuguées sont disposées l'une au-dessus de l'autre, mues par la même tige verticale, commandées également par un levier et une came calée sur l'arbre D.

La soupape inférieure S sert à l'admission du mélange d'air et de gaz dans le cylindre; la soupape supérieure α est destinée uniquement à l'admission du gaz. L'air et le gaz arrivant par les deux conduites munies de valves Q et R vues plus haut, et permettant un premier réglage, le réglage définitif, et on peut dire de précision, est obtenu au moyen du régulateur; la caractéris-

tique du mélange ici est qu'on a une introduction à chaque coup, sans suppression aucune, comme cela se pratique souvent dans les moteurs de ce genre, où l'on applique la méthode des passages à vide ou du tout ou rien.

Dans le cas actuel, au contraire, la soupape S d'arrivée du mélange, a une levée variable dépendant du régulateur, au moyen d'un mécanisme fort ingénieux que nous verrons plus loin, et qui permet une introduction variable de la quantité de mélange, par suite une compression différente, suivant que l'arrivée des gaz du mélange dans le cylindre est plus ou moins étranglée par

Fig.3



la levée de cette soupape S. La seconde soupape α, qui sert uniquement à l'admission du gaz, est montée sur la même tige verticale que la précédente et porte une tige creuse à l'intérieur de laquelle passe celle de la soupape S *(fig. 2 et 3)*.

Cette soupape α est disposée de manière à être constamment poussée du bas, c'est-à-dire fermée, par un petit ressort φ appuyé sur la soupape S, et qui tend à faire reposer la soupape α sur son siège.

Un petit écrou ω supérieur, calé sur la tige commune, oblige au contraire à la descente, la soupape α à s'ouvrir, mais de 1 *mm* en retard sur sa conjuguée S; cela, de manière à avoir la certitude que la soupape α est bien appuyée sur son siège au moment où S se ferme.

Cette précaution est fort utile, car les dilatations ou les grippements, toujours à redouter dans cette zone d'allumage, pourraient causer, au bout d'un certain temps, un jeu permanent entre la soupape α et son siège. Il en résulterait un écoulement constant du gaz carburant dans la conduite d'air, ce qui entraînerait des pertes et des explosions plus fortes que celles pour lesquelles la machine a été calculée.

Pour obtenir un mélange bien homogène de gaz et d'air, ce qui est toujours à rechercher pour le bon fonctionnement d'un moteur à gaz, les courants respectifs de ces deux fluides sont dirigés de manière à se rencontrer normalement.

Le gaz sort sous une direction oblique déterminée par le siège de la soupape α, et l'air arrive dans une partie rétrécie qui lui imprime une direction perpendiculaire à celle du gaz et une vitesse momentanée très importante, de beaucoup supérieure à celle ordinairement obtenue dans les moteurs à gaz, et dans les autres parties de la machine même qui nous occupe.

Il en résulte un brassage énergique et un mélange opéré dans les meilleures conditions possibles.

Comme on le voit, le fonctionnement de la soupape α est intimement lié à celui de la soupape S; on a, d'ailleurs, calculé sa section en raison du pouvoir calorifique du gaz carburant employé.

On peut donc marcher avec des carburants différents, en changeant simplement la section de cette soupape et l'on introduit ainsi un mélange d'un pouvoir explosif constant pour le même moteur.

La tige commune à ces deux soupapes est manœuvrée, en dehors du régulateur spécial que nous verrons plus loin, par le levier I oscillant autour de l'axe λ et articulé sur une tige K mue par une came E actionnant le bras inférieur θ; le mouvement de ce dernier est d'amplitude constante comme celui de la came E qui l'actionne; celui de I est, au contraire, essentiellement variable et dépend du régulateur; il a donc fallu, pour éviter des chocs et des ruptures, interposer entre les deux un corps élastique permettant ces variations; c'est le but du ressort K plus ou moins comprimé par le retour à angle droit du levier θ à l'intérieur d'une cavité de la tige K, dans laquelle est logé ce ressort.

Voyons maintenant comment se fait la régulation.

Régulation.

Le problème de la régulation a constamment préoccupé les constructeurs de machines à gaz et c'est ce motif, joint à celui de diminuer l'encombrement entraîné précisément par les organes des moteurs à quatre temps, qu'est due la création, restée sans succès d'ailleurs, des moteurs à deux temps (genre Benz).

On s'explique, dès lors, la préoccupation dominante des constructeurs du moteur Niel actuel, de donner précisément à leur machine cette régularité tant désirée.

Voici comment ils y sont arrivés.

Tout d'abord, comme nous l'avons dit plus haut, le moteur présente une admission à chaque coup; mais on introduit une proportion du mélange, variable suivant les besoins, et cela de la manière suivante :

Nous avons dit que la soupape d'admission du mélange, S, a une levée variable dépendant du régulateur; et nous avons vu comment la soupape α d'admission du gaz carburant présentait un fonctionnement solidaire de la précédente.

Voyons d'abord comment est obtenue la course variable de la soupape S.

L'extrémité supérieure de la tige de cette dernière est munie d'un appareil spécial à manœuvre pneumatique du genre de ceux qu'on appelle *dashpot*. Cette tige se termine, en effet, par un piston B (*fig. 1, pl. 35*), pouvant se mouvoir dans un cylindre A fermé à la partie supérieure seulement, et maintenu fixe au moyen de deux colonnettes invariables réunies par une traverse qui porte, en son point de contact avec le cylindre A, une rotule D permettant de légers déplacements et évitant tout coincement du piston dans le cas où le guidage de la soupape d'aspiration prendrait un peu de jeu.

Un ressort M tend à pousser constamment le piston B vers le fond du cylindre A et, par suite, à fermer la soupape S.

Une tige creuse C, fermée d'un bout et montée sur le fond du cylindre A, permet la communication entre l'intérieur de celui-ci et l'air extérieur, au moyen d'un certain nombre de petits orifices disposés en hélice sur la hauteur de la tige.

Une deuxième tige creuse et ouverte aux deux bouts E, présentant un diamètre intérieur sensiblement égal au diamètre extérieur de la première, vient glisser sur celle-ci en l'emboî-

tant à frottement doux dans ses divers mouvements, découvrant ainsi ou obturant un certain nombre des trous précédents.

Enfin un robinet de graissage à alvéole H permet, par une simple rotation de lubrifier le piston B sans laisser rentrer de l'air dans l'appareil.

Ajoutons que la surface du piston B est calculée de façon que, lorsque tous les trous de la tige C sont obstrués par E, la soupape S a une levée excessivement faible ne permettant à la machine qu'une compression juste suffisante pour entretenir la marche à vide.

On voit immédiatement quel parti l'on peut tirer de cette disposition en faisant commander la tige E par le régulateur au moyen du levier F et de la petite bielle G également creuse et munie d'un ressort comme K.

Au repos, la tige E est, à la partie supérieure de sa course, comme dans la figure 4 ci-jointe ; elle découvre, par suite, tous les orifices du dashpot, et conserve la même position depuis la mise en marche jusqu'à ce que la machine ait atteint sa vitesse de régime, la soupape S étant complètement soulevée à chaque coup par la tige élastique K qui la commande.

Mais, dès que le régulateur approche de la vitesse normale et entre en fonction, la tige-chapeau E, ouverte à ses deux extrémités, glisse le long de C et l'air ne rentre plus dans le cylindre A que par un nombre restreint et variable d'orifices. Par suite, à la levée de la soupape S, c'est-à-dire à la descente du piston B, il se produit dans le cylindre A un vide relatif qui empêche la soupape S de se lever autant que précédemment ; le levier élastique K se comprime, puisque la course déterminée par la rotation de la came E sur le levier θ reste la même, et, finalement, la soupape s'ouvrant moins, on introduit moins de mélange dans le cylindre et, au retour, la compression diminue par rapport à ce qu'elle était précédemment.

On voit, en résumé, qu'on obtient ainsi une régulation basée sur une compression variable produisant naturellement des explosions de puissances différentes, mais, laissant à la machine, quelle que soit sa charge, une vitesse constante et une régularité aussi parfaite que possible.

Il y a là une application fort heureuse du dashpot, qui agit à l'aspiration comme un cylindre à vide, et, lors de la fermeture de la soupape, comme un compresseur et amortisseur d'air ; c'est, à notre connaissance, la première fois que cet appareil est

appliqué ainsi sous cette double forme. C'est cette adaptation, fort intéressante, qui a surtout permis l'obtention du brevet allemand sans aucune objection, ce qui, on le sait, est assez rare.

Mais là n'est pas le seul côté curieux de la machine qui nous occupe.

Lorsqu'un certain nombre des outils que le moteur est appelé à conduire viennent, pour un motif quelconque, à cesser dè fonctionner, et que la machine travaille avec moins de charge, le régulateur diminue immédiatement l'introduction du mélange tonnant; et, comme nous venons de le voir, la compression qui en résulte est forcément plus faible.

On pourrait craindre, par suite, que l'inflammation se produisît dans de moins bonnes conditions, spécialement quand on marche au gaz pauvre; il en pourrait résulter des ratés dans l'allumage, et il y avait lieu de se préoccuper de ce côté vital de la question. Voici comment ce délicat problème a été résolu :

Les choses ont été disposées de manière qu'à l'ouverture minimum de la soupape S (levée de 6 *mm*, le maximum étant de 18 *mm*) corresponde l'ouverture maximum de la soupape supérieure α destinée à l'entrée seule du gaz, munie, à cet effet, d'une queue cylindrique la forçant à déboucher une section constante; quand le travail diminue, la soupape S se lève moins, mais il y a toujours aspiration pendant le même temps, puisque cela ne dépend que du jeu des cames; la proportion relative de gaz pur introduit augmente donc d'autant plus que la soupape S s'ouvre moins. Et cet effet est naturellement augmenté par l'état physique de ce gaz, dont la densité est moindre que celle de l'air et la pression légèrement plus forte (70 à 80 *mm* d'eau avec le gaz pauvre du gazogène Fichet et 25 à 30 *mm* pour le gaz de ville ordinaire).

Pendant ce temps, l'air aspiré seulement par la soupape de mélange S, est d'autant moins appelé que la soupape S est moins soulevée, le tout à l'avantage du gaz carburant et de la certitude de l'allumage ultérieur.

Comme cas extrême, lorsqu'on travaille au gaz riche, on change la soupape en réduisant la section du passage libre du gaz qui doit être inversement proportionnelle à la puissance calorifique du carburant employé.

En résumé, lorsque le dashpot prend de l'air, c'est que le moteur a besoin de fortes explosions et exige beaucoup de mélange tonnant. Dans le cas inverse, c'est le contraire.

Le nombre des explosions est absolument constant, et, le moteur présentant un allumage obligatoire par cycle de deux tours, la régularité à charge réduite est aussi bonne qu'en pleine charge ; la puissance des compressions et des explosions seule varie.

Dans la plupart des moteurs en usage, au contraire, on marche avec des passages à vide avec le système du tout au rien, et c'est le nombre des explosions qui est proportionné au travail exigé.

Dans le moteur actuel, il y a toujours une explosion à chaque cycle, mais c'est l'explosion elle-même qui est proportionnelle au travail demandé.

Dans les anciens moteurs Niel, essayés et décrits par nous, ici même, il y a une dizaine d'années, pour le travail à vide, il y avait une explosion sur quatre passages ; on marchait ainsi jusqu'à ce que l'affaissement du moteur fût tel qu'il nécessitât une nouvelle explosion. Dans le nouveau moteur, quand on lui demande moins de travail, les explosions diminuent toutes dans une certaine mesure et pendant le temps nécessaire ; on comprend donc que l'on obtienne, par ce moyen, une régularité à peu près parfaite dans la marche, régularité si indispensable surtout lorsqu'on fait application de ces moteurs à la lumière électrique.

Cette régularité est encore accentuée par les heureuses dispositions adoptées dans le régulateur dont nous allons parler maintenant.

Régulateur.

Ce régulateur V est installé de manière à agir sur la puissance des explosions sans recevoir aucun choc étranger, aucune secousse, aucune perturbation, comme cela se présente si souvent dans ce genre d'appareils. Il travaille exactement dans les mêmes conditions que la machine, soit en pleine charge, ou bien en marche à vide.

Son action est, en effet, fonction directe de deux choses : sa masse et son nombre de tours par minute, qui restent les mêmes, quel que soit le nombre de trous bouchés au dashpot. Il n'agit, en outre, que sur un organe excessivement mobile et très facile à manœuvrer, la tige creuse mobile supérieure E de ce dashpot. Il peut donc obéir très docilement et sans à-coup à toutes les impulsions de la machine.

La transmission de ses mouvements a lieu par l'intermédiaire du levier F et de la tige G munie, comme la tige K, d'un ressort qui adoucit encore son fonctionnement.

C'est un régulateur à force centrifuge du type américain, avec deux contre-poids oscillants, reliés par un ressort dont on détermine à volonté la tension suivant les besoins.

Il est en relation avec l'arbre de distribution D au moyen d'une courroie large comme la main, s'enroulant sur deux poulies à gorge plate, système bien supérieur aux poulies à gorge étroite munies d'une ficelle, comme on en rencontre si souvent.

Pour supprimer les inconvénients inhérents à la courroie, en particulier sa rupture, un déclic spécial, en relation avec l'allumage, supprime celui-ci aussitôt que le régulateur vient à s'arrêter. Il y a donc également arrêt automatique de la machine et l'on peut procéder immédiatement au remplacement de cette courroie ou à sa réparation.

Ce régulateur ainsi constitué, et avec un fonctionnement aussi doux et aussi sûr, réalise un avantage réel sur la plupart des systèmes employés ordinairement dans les moteurs existants.

Dans la plupart des cas, en effet, le régulateur agit sur des cames ou les galets de ces cames; il en résulte forcément l'affolement de ce dernier, lorsque le régime du moteur vient à présenter des variations brusques.

Graissage.

Le graissage ne peut se faire dans le cylindre lui-même à cause des pressions qui y règnent; il a lieu dans la partie avant occupée par le piston. C'est pourquoi l'on ne peut allonger le cylindre comme l'indiquerait au premier abord le besoin d'utiliser le travail produit par le diagramme en fin de course, au lieu d'échapper aux environs de 2 *kg*, comme on le fait le plus généralement.

Nous avons vu que la circulation d'eau est indispensable pour assurer un bon graissage en évitant un trop grand échauffement des parois du cylindre et la volatilisation de l'huile. Il serait à souhaiter que l'on découvrît une bonne huile de graissage pouvant résister à de très hautes températures; on pourrait alors faire fonctionner les moteurs à des températures plus élevées, ce qui exigerait beaucoup moins d'eau pour le refroidissement et permettrait un graissage plus facile et plus complet.

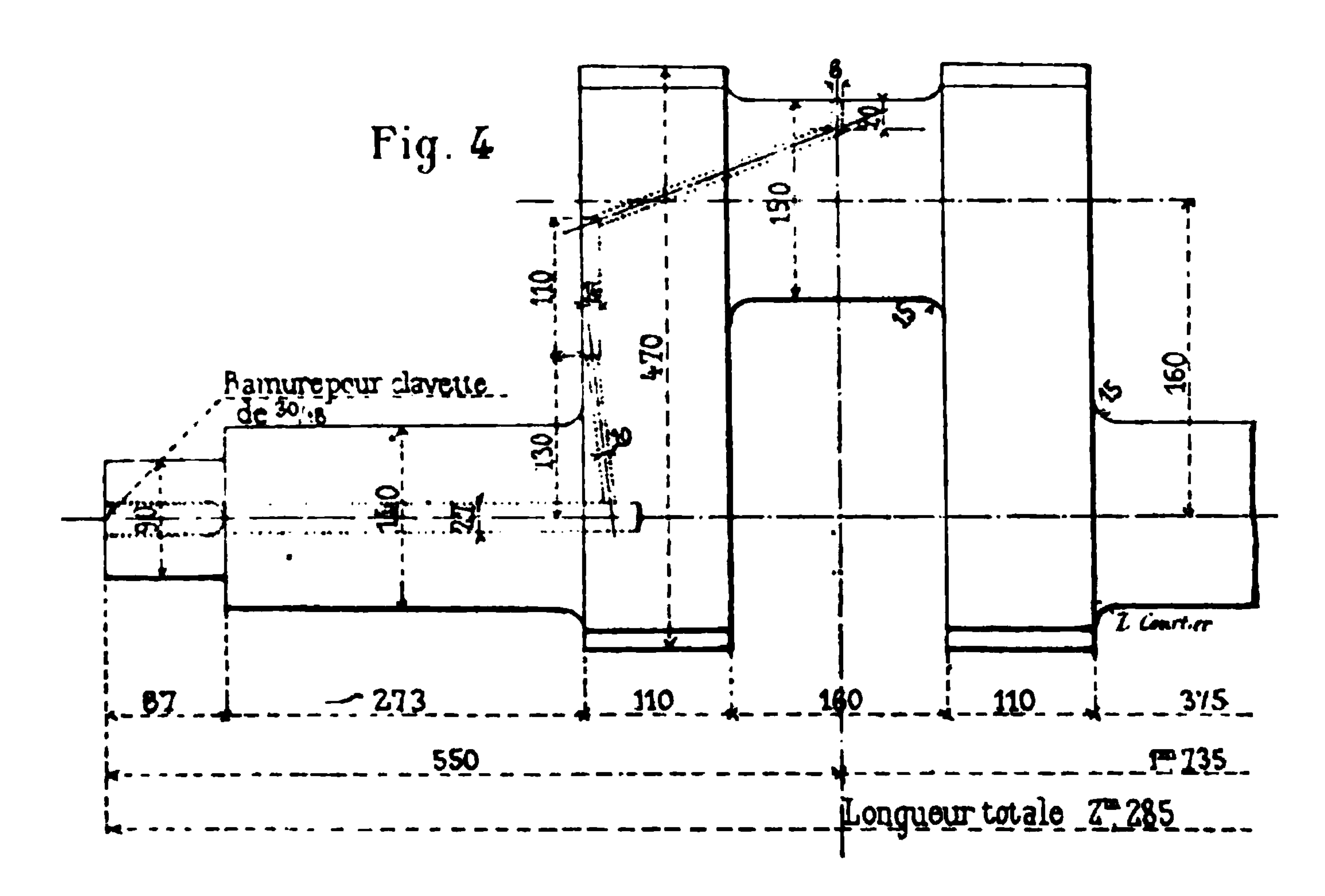
Il en résulterait en même temps une notable économie dans la consommation du gaz, car la perte de chaleur par les parois atteint 43 0/0 des calories employées.

Cette partie, si importante au point de vue du bon fonctionnement et du rendement de tout moteur à gaz, est obtenue, dans la machine actuelle, d'une manière aussi parfaite que possible, de la manière suivante :

D'abord, pour les trois paliers de l'arbre coudé, les coussinets sont lubrifiés d'une manière continue par des bagues tournant dans des bains d'huile, à la manière des coussinets de dynamos.

On obtient de la sorte un excellent graissage avec une dépense minimum de lubrifiant.

La tête de bielle est munie d'un graisseur centrifuge, ce qui



permet à la machine de travailler pendant un nombre d'heures consécutives aussi grand qu'on le désire, sans être obligé d'arrêter pour remplir les graisseurs.

Les bagues des paliers sont circulaires et en deux pièces ajustées suivant les extrémités d'un même diamètre. Elles ont uniformément 10 *mm* de largeur sur 13 d'épaisseur. Leur diamètre est de 250/270 pour les deux paliers principaux et 185/205 pour celui du volant.

Pour la tête de bielle, l'huile arrive d'un graisseur extérieur à godet en fonte de 130 *mm* de diamètre, sur 116 de hauteur et à pointeau, distribuant l'huile par goutte. Celle-ci, par un canal vertical de 3 *mm (fig. 4)* tombe dans une rainure de 27 *mm* de diamètre située dans l'axe de l'arbre coudé, rainure qui remonte

ensuite en 10 *mm*, le long de la paroi du vilebrequin, en épousant à peu près l'angle droit du coude jusque vers l'axe de l'arbre servant de tête de manivelle. De là, le petit canal de graissage se dirige par un autre conduit de 10 *mm* à peu près à angle droit vers la partie médiane et périphérique de l'arbre manivelle. La force centrifuge se charge elle-même, par suite du mouvement de l'arbre, d'opérer le graissage de la tête de bielle, au moyen d'un dernier petit canal de 6 *mm* de diamètre.

On comprend la supériorité que doit avoir un pareil graissage sur les godets du type Wanner ou Stauffer à graisse consistante anciennement et encore souvent employés sur les organes en mouvement à cause de leur commodité.

Mais le plus important, comme nous le savons, est le graissage du piston à l'intérieur du cylindre. Ce graissage est obtenu au moyen d'une petite pompe spéciale *d*, mue automatiquement par une excentrique calée sur l'arbre de distribution D et refoulant l'huile sous pression à la partie supérieure avant du cylindre, mais sans toutefois permettre au piston de déboucher l'orifice dans aucune des positions extrêmes de point mort avant ou arrière, afin de ne projeter l'huile inutilement ni à l'intérieur du cylindre dans la marche en avant ni sur la bielle dans le retour en arrière.

Cette pompe fixée à l'arrière du cylindre, à la naissance de la culasse mobile, envoie de bas en haut l'huile reçue d'un graisseur identique au précédent, dans un tuyau *f* horizontal situé à la partie supérieure et dans l'axe du cylindre, pour la conduire au point voulu.

Enfin, les coussinets de frottement sont en fonte, munis intérieurement de garnitures en métal antifriction, coulées et retenues par des ergots en queue d'hironde, afin de diminuer encore le graissage et empêcher toute cause d'échauffement.

Les moteurs au-dessous de 20 *ch* ont des coussinets simplement en bronze phosphoreux.

Cette méthode donne, en outre, une grande facilité pour le remplacement et la réparation des coussinets usés, puisqu'il suffit de remplacer la garniture annexe par une simple coulée d'une nouvelle quantité de métal antifriction.

Allumage.

Comme mode d'allumage, on ne connaît pas actuellement d'autres procédés que l'emploi d'un corps incandescent ou l'étincelle électrique.

Cette dernière telle qu'elle est employée ordinairement sous forme d'étincelle, a l'inconvénient d'être plus capricieuse et de fournir plus de ratés; en revanche, elle a l'avantage de présenter une température beaucoup plus élevée et une grande puissance d'inflammation, ce qui a un réel intérêt quand on emploie les gaz pauvres.

Ici, l'allumage de mélange très pauvre s'obtient avec le maximum de sécurité, au moyen d'une petite machine magnéto-électrique placée sur le côté de la culasse et donnant des étincelles dans l'axe de celle-ci au fond de la chambre de compression. Les étincelles produites sont à température extrêmement élevée permettant d'éviter tous les ratés, quelle que soit la pauvreté du mélange.

Le point d'allumage peut varier suivant les différentes vitesses de la machine et les divers carburants employés, par un réglage obtenu au moyen d'un système spécial de déclic mû par une excentrique; cela présente une grande importance, surtout pour la mise en marche, qui peut avoir lieu sans craindre qu'une inflammation prématurée ne fasse démarrer la machine en arrière. Pour cela, au départ, on dispose l'allumage tout à fait au retard, et, dès que le moteur a pris un peu de vitesse, on avance graduellement le point d'inflammation, ce qui évite tout danger du brusque retour en arrière signalé plus haut.

Essais de MM. Witz et Moreau.

Le moteur dont la description précède a fait l'objet, de la part de MM. Witz et Moreau, d'essais à l'usine d'Évreux, le 10 novembre 1901. Ces essais ont duré une journée entière, de 10 heures du matin à 7 heures du soir. En voici le procès-verbal authentique :

Le moteur à gaz soumis à notre examen par la Compagnie des moteurs Niel est un moteur horizontal à quatre temps, caractérisé par l'emploi d'une soupape d'admission à levée variable sous la dépendance du régulateur.

La puissance nominale de ce moteur est de 50 *ch* au régime de 215 tours par minute.

Les dimensions sont les suivantes :

Diamètre du cylindre	*mm*	350
Course du piston		480
Diamètre du volant	*m*	2,220

Le travail effectif développé a été mesuré au frein à cordes; les cordes portaient des poids dont la différence constituait la charge nette du frein; leur diamètre était de 34 *mm*, le diamètre de la poulie de frein mesuré au centre des cordes a été trouvé égal à 2,234 *m*, ce qui correspond à une circonférence de 7,081 *m*.

Un compteur de tours automatique relevait le nombre de tours du moteur durant l'expérience; le temps était mesuré par un chronomètre *Bréguet*.

Le travail indiqué a été mesuré par un appareil *Richard* dont l'échelle était de 1,9 *mm* par kilogramme de pression au centimètre carré, ainsi qu'il résulte d'un tarage fait par nous; la pression moyenne a été déterminée au moyen du planimètre d'*Amsler*.

L'eau employée à la réfrigération du cylindre était jaugée par un récipient de capacité connue; des thermomètres précis relevaient la température à l'entrée et à la sortie de l'enveloppe.

Le compteur à gaz était installé à proximité du moteur, il portait le contrôle de la Compagnie du du gaz d'Évreux. On a noté la température du gaz par celle de l'eau du compteur; la pression a été relevée sur un baromètre à mercure; elle a oscillé autour de 763 *mm*, valeur moyenne au cours de l'essai.

Le pouvoir calorifique du gaz à volume constant, vapeur d'eau condensée, a été déterminé par l'un de nous par le procédé de la bombe eudiométrique.

Les précautions les plus grandes ont été prises pour assurer des relevés exacts qui nous mettent en mesure d'affirmer les chiffres ci-dessous.

Trois essais de consommation ont été faits : à vide, à demi-charge et à pleine charge; nous avons procédé, entre temps, à divers essais de vitesse.

Le cylindre admettant à chaque coup moteur une charge de gaz tonnant, nous n'avons pas eu à relever le nombre d'admissions.

Tableau des essais.

DÉSIGNATIONS	Marche à vide	Marche à demi-charge	Marche à pleine charge
Durée de l'essai . . . . *min.*	30	30	105
Nombre de tours par minute	219,06	215,80	213,36
Consommation de gaz rapportée à l'heure. . *l*	9 640	15 810	20 987
Pression du gaz en eau . . . . *mm*	36	36	36
Température du gaz	10°	9°,75	10°35
Consommation à 0 et 760 *mm*. . . . . . . *l*	9 331	15 325	20 143
Volume d'eau de réfrigération à l'heure . . *l*	255	258	419
Température de l'eau à l'entrée	12°	12°	12°,5
Température de l'eau à la sortie.	67°	67°	71°,5
Calories emportées par l'eau à l'heure	14 025	14 190	24 721
Charge nette au frein. . . . . *kg*	—	74,400	137,083
Travail effectif en chevaux	—	25,26	46,02
Consommation d'eau par cheval-heure effectif *l*	—	10,21	9,10
Consommation de gaz par cheval-heure effectif *l*	—	607	439
Pouvoir calorifique du gaz . . . . . . calories	—	5 565	5 664
Calories transformées en travail effectif. . . .	—	635,3	635,3
Calories emportées par l'eau par cheval-heure.	—	561,7	537
Calories disponibles.	—	3 378	2 486
Rendement thermique effectif.	—	18,18 %	25,5 %
Travail indiqué en chevaux	—	—	53,54
Rendement organique	—	—	0,859
Consommation de gaz par cheval-heure indiqué *l*	—	—	376

Bilan du fonctionnement.

Pertes par réfrigération du cylindre	0,216
Pertes par la décharge des gaz et le rayonnement . .	0,388
Pertes par les frottements	0,141
Rendement thermique effectif	0,255
TOTAL.	1,000

Essais de régularité.

Le moteur ayant été brusquement chargé, nous avons constaté, pour les diverses puissances développées, les vitesses ci-dessous :

Charge au frein.	A vide.	Vitesses.
—	—	—
0 *kg*	0 *ch*	219 tours
77 »	26 »	218 »
127 »	43,6 »	218 »
137,5 »	46,7 »	216 »

Répétées à plusieurs reprises, ces expériences ont fourni chaque fois des résultats identiques.

Le moteur ayant d'ailleurs été appliqué à l'éclairage électrique, nous avons constaté une remarquable fixité de la lumière, ce qui témoigne une grande régularité cyclique ; ayant, d'autre part, éteint rapidement la majeure partie des lampes, le voltage ne s'est élevé que d'une faible quantité, produisant une variation de lumière à peine sensible à l'œil.

Il résulte des expériences précédentes que le nouveau moteur Niel a fourni une marche très satisfaisante, au point de vue de la consommation de gaz, qui est fort réduite, ainsi que sous le rapport de la régularité, qui est remarquable.

Signé : Aimé WITZ, Auguste MOREAU.

Nous insisterons sur l'importance de ces essais, qui se font généralement beaucoup trop courts. Ici, le moteur a marché sous nos yeux pendant toute une journée, et, si les essais partiels n'ont pas duré plus de 105 minutes au maximum, c'est que nous ne possédions pas de frein à irrigation. Il fallait donc s'arrêter quelques instants lorsque l'échauffement du volant devenait par trop inquiétant.

En outre, il est encore plus rare dans ces sortes d'expériences que l'on mesure la puissance calorifique du gaz employé, ce qui est cependant un élément indispensable d'appréciation.

Cela a été fait avec soin, dans le cas actuel, par M. le professeur Witz, dans son laboratoire de Lille. Ces essais présentent donc des garanties de certitude que l'on ne rencontre pas toujours dans des circonstances analogues.

Le chiffre caractéristique à retenir est une consommation de 439 *l* de gaz de ville à 5600 calories, par cheval-heure effectif.

Notre Collègue, M. Deschamps, a trouvé un chiffre un peu plus élevé, quoique très voisin, soit 445 *l*; mais il n'a pas relevé la puissance calorifique du gaz, qui peut avoir varié entre les deux essais. Enfin, ces derniers ont été beaucoup moins prolongés que les nôtres.

Méthode analytique de M. Ringelmann.

Pour terminer, nous ne saurions nous dispenser de signaler la méthode à la fois si élégante et si rationnelle employée par M. Ringelmann, pour représenter la consommation d'un moteur en fonction de sa puissance, et comparer les moteurs de différentes puissances entre eux.

La consommation spécifique d'un moteur est le quotient de la consommation de combustible par la puissance.

On dit, par exemple, dans l'industrie, qu'on consomme couramment, avec le moteur Niel, 450 *l* de gaz de ville ordinaire par cheval et par heure.

Cette consommation spécifique est une donnée précieuse pour comparer différents moteurs d'une même puissance, mais n'est plus applicable quand il s'agit de comparer entre eux des moteurs de puissances différentes, alimentés par le même combustible. Elle est, en effet, d'autant plus forte que la puissance du moteur est plus faible.

Pour les moteurs à gaz tonnant, gaz d'éclairage, gaz pauvre, pétrole, essence minérale, alcool, etc., la consommation y par heure en fonction de la puissance peut se représenter par la fonction linéaire :

$$y = a + bx, \qquad (fig.\ 5)$$

dans laquelle le paramètre a, ordonnée à l'origine de la droite ci-dessus, est la consommation nécessitée par la marche à vide, tandis que b est un paramètre constant indépendant du moteur, et ne dépendant que du combustible employé. Le paramètre a dépend de la construction proprement dite : ajustage du moteur, mode de régulation, système d'allumage, pertes de chaleur, etc. : b est d'autant plus grand que le pouvoir calorifique du combustible utilisé est plus faible. Tout cela, bien entendu en supposant un bon mélange tonnant, c'est-à-dire une proportion judicieuse

du gaz carburant et de l'oxygène, et une bonne utilisation de ce mélange, exempte de dissociations provoquées par un excès de température ou de pression.

Pour le moteur Niel, qui nous occupe, M. Deschamps a établi les paramètres de la manière suivante :

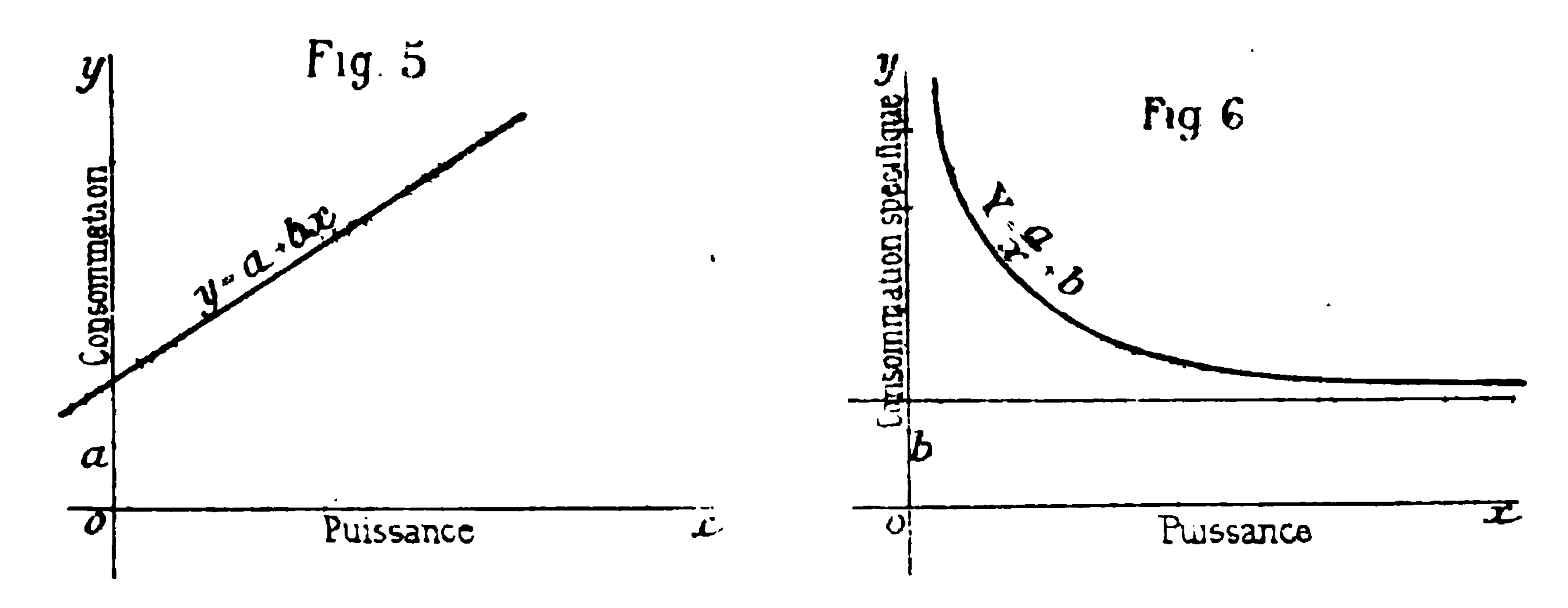
$$y = 9125 + 250\,x,$$

y étant la consommation en litres.

La consommation spécifique étant $\frac{y}{v} = Y$ sera donnée par la formule :

$$Y = \frac{a}{x} + b \qquad (fig.\ 6),$$

équation d'une hyperbole équilatère dont les directions asymp-



totiques sont les deux axes de coordonnées ; les asymptotes elles-mêmes sont obtenues aisément en faisant $x = o$, d'où $y = \infty$, c'est l'axe des y : et $x = \infty$, d'où $\frac{a}{x} = o$ et $y = b$.

Ces formules ont été appliquées au classement des moteurs à alcool exposés dans les Concours organisés par le Ministre de l'Agriculture en 1901 et 1902.

Résumé et conclusion.

En résumé, le nouveau moteur qu'il nous a été donné d'étudier et d'essayer est aussi ramassé que possible sur lui-même, et tous les organes sont disposés de manière à obtenir une répartition rationnelle des charges autour de l'axe du cylindre, et à réduire au minimum l'inconvénient des porte-à-faux.

Le volant et la poulie de commande, seules parties sensible-

ment dissymétriques de la machine, sont supportés par un palier supplémentaire assurant une stabilité complète.

L'allumage par magnéto avec étincelle électrique à haute température, est absolument certain, quelles que soient la pauvreté du mélange et la pression du moteur; on est donc sûr de n'avoir jamais de raté, chose particulièrement précieuse pour l'adaptation si fréquente aujourd'hui de ces moteurs à la lumière électrique. Sa propriété spéciale de présenter une admission à chaque coup et de conserver une vitesse constante, assure en même temps une parfaite régularité.

Le graissage est opéré d'une façon des plus pratiques et se fait surtout très convenablement au piston malgré la pression à l'intérieur du cylindre, grâce à la pompe spéciale de compression et d'injection d'huile.

Les consommations de gaz, d'huile et d'eau sont aussi réduites que le permet l'état actuel de l'industrie des moteurs à gaz.

Le cylindre, grâce à sa décomposition en plusieurs pièces, et à l'adjonction d'une douille mobile pour la soupape d'échappement, peut être visité de la manière la plus simple et la plus pratique.

A ces divers titres, on peut affirmer que le nouveau moteur Niel réalise un progrès sérieux sur les machines de cette famille employées jusqu'à ce jour.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

ANTOINE-HIPPOLYTE COURTOIS

Né à Thil-la-Ville, dans la Côte-d'Or, le 6 février 1842, A.-H. Courtois entra à l'École des Arts et Métiers de Châlons en 1857 et en sortit en 1860, dans les premiers : il fut, successivement, dessinateur aux Ateliers de construction d'Argenteuil, à Marquise, aux établissements des Forges et Chantiers de la Méditerranée au Havre, où il devint chef des études des machines marines.

En 1875, il partit, avec la mission que le gouvernement impérial de Chine entretenait à Paris, pour l'arsenal de Fou-Tchéou, où il fut, pendant trois ans et demi, chef du bureau des machines et ateliers de construction. Quelques années plus tard, il installa à Porto, puis en Suisse, puis à Lisbonne et enfin au Tonkin, plusieurs fabriques d'allumettes dont les résultats furent fort appréciés.

A la suite de ces divers travaux, l'Empereur de Chine le nomma Mandarin de cinquième classe avec médaille d'or, et le vice-roi du Tonkin le nomma Kim-Khanh de deuxième classe. Enfin, le 1er janvier 1893, il fut nommé officier de l'ordre Impérial du Dragon d'Annam.

A.-H Courtois n'avait cependant pas, pendant toute cette période, négligé les études théoriques. En 1881, il fit paraître un travail sur les *Machines centrifuges*, *Pompes et Ventilateurs* qu'il compléta, en 1900, par un *Essai sur les Pompes centrifuges. — Recherches expérimentales.*

Au moment où la mort est venue le frapper, il mettait la dernière main à un nouveau travail, ayant pour titre *Application du principe de la conservation de l'énergie au fonctionnement des Ventilateurs centrifuges.*

A.-H Courtois était Membre de la Société des Ingénieurs Civils de France depuis 1875.

CHRONIQUE

N° 272.

SOMMAIRE. — Le prix de revient de la force motrice. — Résistance de l'air sur les volants. — Épuration du sewage à Manchester *(suite et fin)*. — Les grands cataclysmes. — Le système métrique aux États-Unis. — Procédé de conservation des bois. — Rails continus pour chemins de fer.

Le prix de revient de la force motrice. — Avec les frais de main-d'œuvre, c'est probablement le coût de la force motrice qui entre pour la plus grande part dans le prix de revient des produits manufacturés. Dans certains cas, tels que la fabrication du carbure de calcium, le prix de la force motrice est le facteur principal. Avec l'introduction rapide des machines destinées à économiser la main-d'œuvre, la proportion des dépenses de celle-ci et de la force motrice se modifie d'une manière incessante, le rôle de l'ouvrier se bornant de plus en plus à diriger simplement la force qui accomplit le travail.

Il n'est pas toujours facile de connaitre le prix réel de la force motrice et d'en calculer la dépense pour un cas déterminé. Aussi, un mémoire de M. C.-D. Gray, paru récemment dans le *Journal of the Franklin Institute* et dont nous reproduisons un résumé d'après l'*Engineering Magazine*, est-il de nature à rendre des services sérieux en donnant de nombreux éléments classés méthodiquement, relatifs au prix de la force motrice obtenue par les divers moyens et dans divers endroits.

M. Gray étudie successivement : les moteurs animés, le vent, l'eau, les machines à vapeur et les moteurs à gaz, et indique pour chacun la dépense d'établissement et de service, d'après diverses sources, et discute ensuite les différentes méthodes de transmission et de distribution du travail.

Les moteurs animés ne demandent pas un examen prolongé ; les chiffres qui leur sont relatifs sont empruntés principalement à des sources déjà anciennes. Les tentatives qu'on a faites à diverses reprises pour déterminer l'effet utile des moteurs animés par des considérations basées sur la thermodynamique n'ont donné aucun résultat satisfaisant et les recherches les plus récentes semblent indiquer que le développement de l'énergie musculaire est dû à la conversion directe de l'alimentation en énergie électrique, sans intervention de transformation en chaleur. Le prix élevé de l'énergie humaine limite son emploi aux cas où le travail intellectuel est aussi nécessaire que le travail physique pour le but à remplir ou à ceux où la question du prix ne présente aucun intérêt.

L'usage du vent comme moteur ne demande pas un long examen ; l'irrégularité de ce moteur n'est pas compensée par son bon marché, sauf pour des applications spéciales. Les exemples cités indiquent que, pour de faibles puissances, son prix de revient peut être estimé, en moyenne, à la moitié de celui de la vapeur.

Passant rapidement sur ces moteurs de peu d'importance relative, l'auteur étudie avec beaucoup plus de détails les deux grandes sources actuelles d'énergie mécanique : la force hydraulique et la vapeur.

Avec l'eau, le coût de la force motrice dépend, dans une large mesure, des frais d'établissement de l'installation ; on peut donc diviser les établissements destinés à utiliser les forces hydrauliques en deux catégories : celles où on a de forts débits avec faibles chutes et ceux où de faibles volumes d'eau tombent d'une grande hauteur. Dans la première catégorie, on emploie des roues ou certains genres de turbines, et dans la seconde des turbines tangentielles ou à impulsion. De bons appareils de construction récente des deux genres donnent des rendements de 80 à 85 0/0 lorsqu'ils fonctionnent avec des chutes analogues à celles pour lesquelles ils sont établis.

Les dépenses d'établissement varient suivant les circonstances locales entre les limites de 125 à 350 *f* par cheval au frein. Le prix moyen du cheval, sans le barrage, ressort, dans les tableaux donnés par l'auteur, à 277 *f* et, avec le barrage, à 414 *f*. La dépense annuelle est de 56 *f* par cheval et par an. Au Niagara, le cheval se vend à raison de 67,50 *f* par an et, à Lawrence, de 99 à 114 *f* ; le prix le plus bas se trouve au Canada, 32,50 *f*. On peut considérer comme une bonne moyenne les prix de 50 à 75 *f*.

Les inconvénients de la force hydraulique, en dehors de ceux qui proviennent de situations mal appropriées ou peu favorables, sont les travaux souvent considérables à faire pour créer une chute, les difficultés d'un contrôle rapide de la vitesse, et la variation de puissance provenant des changements climatériques.

Le coût de la main-d'œuvre de surveillance des moteurs est moindre avec la force hydraulique qu'avec les machines à vapeur et, à cause de l'absence de consommation de matières à payer, comme le combustible, le prix de revient est peu élevé mais, d'un autre côté, les dépenses de premier établissement sont souvent considérables et les charges fixes peuvent être supérieures à celles qu'on a avec d'autres moteurs.

La dépréciation et l'entretien sont plus faibles qu'avec la vapeur ; un taux de 4 0/0 par an est généralement admis comme suffisant pour en tenir compte ; tandis qu'il faut compter 10 à 15 0/0 avec les machines à vapeur.

Si on considère la question des moteurs à vapeur, on a à considérer plusieurs cas. S'il est exact qu'on peut considérer ces moteurs comme ayant à peu près atteint leur limite d'économie, il n'y a pas moins plusieurs points sur lesquels des perfectionnements sont encore possibles. On peut espérer des résultats avantageux d'une plus grande élévation de pression et de l'emploi de la surchauffe, de même que l'introduction de la turbine à vapeur peut amener encore une certaine réduction des dépenses. M. Gray a donné, sous forme de tableaux, un grand nombre de résultats obtenus de divers systèmes de moteurs à vapeur.

La vaporisation moyenne des chaudières à vapeur de modèles récents, extraite d'une liste contenant vingt-sept chaudières à tubes d'eau, et vingt-trois chaudières à tubes à fumée, est de 10,86 de vapeur pour 1 de combustible.

Les essais de machines, groupés par types de moteurs, donnent les consommations de vapeur par cheval-heure. Ainsi, avec les machines monocylindriques à détente automatique sans condensation, la consommation moyenne est de 15 *kg* de vapeur, tandis que, pour les machines à un seul cylindre à distribution Corliss sans condensation, cette consommation descend à 13 *kg*. Si ces deux types de moteurs fonctionnent avec condensation, les dépenses de vapeur deviennent respectivement 10 et 9,1. La machine Corliss compound à condensation, type généralement adopté aujourd'hui pour les stations centrales de force motrice, donne en moyenne des consommations de 7 *kg* par cheval indiqué, alors qu'avec la machine à triple expansion on arrive à 6 *kg*.

Les dépenses d'établissement des moteurs à vapeur varient dans de grandes limites avec les localités, la puissance, le système, etc. La moyenne de vingt-trois installations de divers genres varie entre 140 et 350 *f*, soit en moyenne 250 *f* par cheval, bâtiments non compris. Les dépenses de service sont très variables, car elles dépendent de la puissance, du nombre d'heures de travail, de la valeur du combustible, de la perfection relative des chaudières et des machines et de plusieurs autres éléments. Les chiffres divers, dans le tableau de l'auteur, varient entre 0,015 et 0,14 *f* par cheval-heure, la moyenne étant de 0,05 *f*, ce qui donne de 150 à 350 *f* par cheval et par an, suivant le nombre des heures de travail.

Le moteur à gaz, qu'on considérait à l'origine comme applicable seulement aux petites forces, a gagné beaucoup en importance et se classe maintenant parmi les moteurs d'une nature générale. Des machines à gaz de 100 *ch* ne sont plus une exception aujourd'hui et on en trouve déjà de 1 000 *ch* qui donnent d'excellents résultats. Le principal avantage du moteur à gaz est son rendement thermique élevé; il faut y ajouter la possibilité d'employer des combustibles de qualité et de prix inférieurs qu'on utilise dans des gazogènes. Lorsqu'on peut se servir de gaz naturel et de gaz de hauts fourneaux, le combustible ne coûte plus rien ou à peu près, constituant un sous-produit dans le dernier cas.

L'auteur indique les pouvoirs calorifiques des divers gaz, avec les valeurs moyennes de chaque espèce. On voit que le gaz naturel a un pouvoir moyen de 9 200 calories par mètre cube, le gaz de houille 6 300, le gaz à l'eau 5 800 lorsqu'il est carburé et 2 850 lorsqu'il n'est pas carburé. Le gaz de gazogènes donne seulement 1 275 calories et le gaz de hauts fourneaux 910. La quantité de gaz brûlé par cheval dépend naturellement de la valeur calorifique du gaz; elle va de 280 *l* à l'heure pour le gaz naturel, à 2 800 pour les gaz de gazogènes et les gaz de hauts fourneaux, mais il faut considérer le prix de revient de ces gaz. Comme on l'a vu plus haut, les gaz de hauts fourneaux sont en réalité des sous-produits d'une fabrication qui est celle de la fonte; dans d'autres procédés, comme le système Mond, le prix du gaz produit peut être notablement abaissé par une méthode de récupération des sous-produits.

Dans les tableaux donnés par M. Gray, le prix du gaz varie de 0,05 *f* par cheval-heure avec le gaz de gazogènes à 0,15 *f* avec le gaz de houille.

Le coût de premier établissement des moteurs à gaz ne diffère pas

beaucoup de celui des moteurs à vapeur, les gazogènes ou producteurs de gaz représentant environ 55 *f* par force de cheval, c'est-à-dire à peu près le même prix que les chaudières.

Si on admet que les installations par moteurs à gaz coûtent autant que les installations de force par machines à vapeur, pour les mêmes puissances, on doit reconnaître qu'elles ont l'avantage de tenir moins de place, d'offrir plus de sécurité et de demander moins d'eau. Les gazogènes exigent moins d'attention que les chaudières. Dans ces conditions, le cheval-vapeur peut être obtenu avec une dépense de 0,45 *kg* de charbon par heure ou l'équivalent; et, une fois le prix correspondant à la consommation de combustible connu, on trouvera facilement le prix de revient de la force.

L'auteur a fait une œuvre utile en recueillant et coordonnant cette masse de renseignements et son travail est de nature à faciliter grandement les études sur le prix de revient de la force motrice.

Résistance de l'air sur les volants. — La résistance de l'air sur les volants n'est pas négligeable ; cette résistance se divise en deux parties : le frottement des jantes dans l'air et la résistance directe de celui-ci au déplacement des bras qui est la plus importante.

M. Scholter, Directeur de la Société des Tramways Nuremberg-Further, a fait des expériences sur cette question et les a publiées dans le *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*.

La station centrale de force de ces tramways comprend deux machines compound tandem horizontales à distribution par soupapes développant chacune 450 *ch* à la vitesse de 95 tours par minute et commandant des dynamos. Chacune porte un fort volant dont les bras ont la forme d'un double T avec la branche centrale placée dans le sens de l'axe de l'arbre. La rotation des volants déterminait un puissant courant d'air qui semblait indiquer une résistance très appréciable.

On pensa utile de garnir le volant avec des feuilles de tôle sur les deux faces.

Pour apprécier la différence de résistance, on se servit, comme moteur, des dynamos pour la commande des machines à vapeur fonctionnant à vide. Avec le volant dans la disposition primitive, le travail dépensé fut trouvé de 13 300 watts, alors qu'il était de 9 874 watts seulement avec le volant garni de tôle ; différence : 3 426 watts ou 5,7 *ch*.

Si on compte le kilowatt-heure à 5,5 Pfg., on trouve, pour 17 heures par jour, $3\,426 \times 5{,}5 \times 17 \times 365 = 1\,180$ M, soit 1 475 *f* par an pour chaque machine.

La garniture des volants ne représente, comme dépense de premier établissement, qu'une valeur insignifiante et il n'y a aucun entretien qui vienne réduire l'économie réalisée annuellement.

Déjà en 1888, le professeur Brauer, de Darmstadt, avait appelé l'attention sur la question du remplissage des intervalles des bras de volants. Il citait une expérience faite par Inglis sur une machine de 630 *ch* ; des essais à l'indicateur avaient donné une économie de 30 *ch*, soit 4,8 0/0, obtenue par la réduction de la résistance du volant.

Otto H. Mueller jun. a donné une formule pour calculer cette résistance. Cette formule est $R = 0{,}000\,000\,251\,444\,\delta b n^3 r_2^4 m$, dans laquelle :

R est la résistance de l'air en chevaux ;
$\delta = 1{,}2$ un coefficient résultant des expériences de Didion ;
b la largeur des bras en mètres ;
n le nombre de tours par minute ;
r_2 la longueur des bras ;
m le nombre des bras.

Si on applique cette formule au cas des machines des tramways de Nuremberg, on trouve, pour R, 20 *ch*, soit trois fois le chiffre donné par l'expérience directe.

L'erreur provient probablement de l'introduction dans la formule du nombre de bras du volant. On ne peut guère admettre que la résistance soit proportionnelle à ce nombre, car les bras se meuvent dans une atmosphère déjà déplacée par le bras précédent ; à 95 tours, en effet, un point situé à 2 *m* de l'axe, se meut à la vitesse considérable de 20 *m* par seconde.

Épuration du sewage à Manchester. *(suite et fin).* — La croissance d'organismes est cause, à la fois, d'une augmentation de l'activité épuratoire du lit et d'une perte de capacité de ce dernier. En examinant les matériaux d'un lit de contact en pleine activité, on constate que chaque morceau constitutif est recouvert d'une sorte de végétation gluante, laquelle, si on l'enlève, sèche rapidement et se transforme en une gelée assez consistante pour être coupée au couteau ; le microscope y décèle des masses de bactéries. Cette gelée possède la propriété d'absorber rapidement l'oxygène, à tel point que l'on considère presque comme superflu d'aérer artificiellement le lit, l'échange naturel de gaz qui se produit suffisant à cet effet ; il a toujours été constaté que les couches du fond du filtre contenaient une grande quantité d'oxygène. Le maintien de cette gelée bactériologique semble devoir être l'objectif d'une opération bien conduite. Si le fonctionnement du lit est intensif, c'est-à-dire si on fait plusieurs remplissages par jour sans donner de longues périodes de repos, l'affluent peut rester bon, mais la croissance des bactéries augmente à tel point que le lit devient spongieux et que le drainage se trouve gêné. C'est ce qui explique comment, dans certaines limites, la réduction de capacité peut être accompagnée d'une action épuratoire plus efficace. Mais cet avantage finit par être annihilé par le défaut de drainage, et alors il est indispensable de donner au lit un repos de une à deux semaines. Pendant ce repos, les bactéries superflues sont éliminées et la capacité augmente rapidement. Comme il a été dit plus haut, le repos ne doit pas dépasser une quinzaine, autrement le lit s'assèche trop et l'activité des organismes diminue. Pour cette raison, il est recommandable aussi de ne pas attendre, avant de donner un repos, que la réduction de capacité soit devenue trop prononcée ; autrement on s'expose à ne pas recouvrer complètement la perte par le repos.

Le drainage défectueux diminue la capacité du lit et empêche l'aéra-

tion complète. Il convient donc de l'éviter par tous les moyens possibles.

En ce qui concerne la réduction de capacité produite par les matières insolubles, elle dépend de la nature de celles-ci. S'il s'agit de matières sablonneuses, par exemple, l'effet sera peu sensible, le sable contenant lui-même des particules d'eau. A Manchester, les matières insolubles consistent, principalement, en une sorte d'argile finement divisée et en composés de fer; elles sont retenues, en grande partie, à la surface du lit, ce qui semble expliquer ce fait qu'aucune réduction de capacité permanente n'est intervenue en quinze mois. La majeure partie des matières insolubles pénétrant dans le lit paraissent se loger dans la couche supérieure de 0,15 *m* d'épaisseur; une ligne de démarcation très nette sépare cette couche de scories sous-jacentes. En vue de favoriser cette propriété de la couche supérieure, il convient de composer celle-ci de matériaux plus fins que le corps du filtre.

La dernière cause de la réduction de capacité, si elle existe, est la plus à redouter, ce qui justifie l'emploi exclusif de matériaux durs, réfractaires et non friables.

Mode de travail. — En résumant les diverses observations consignées dans le rapport, il parait recommandable d'adopter les principes suivants pour le fonctionnement des lits de contact:

1° A l'origine, le lit doit fonctionner très lentement, de manière à permettre le tassement convenable des matériaux constituants ainsi que la croissance des bactéries; 2° le débit initial ne sera pas augmenté avant que l'analyse accuse la présence, dans l'affluent, d'un excès d'oxygène en dissolution ou sous forme d'azotates; 3° il est utile, pendant la période de repos, de faire de temps en temps des analyses de l'air contenu dans le lit; 4° les variations de la capacité doivent être soigneusement observées. S'il est constaté que la capacité décroit rapidement, une période de repos s'impose; 5° de longues périodes de repos sont à éviter pendant l'hiver, car, étant privés de la chaleur du sewage, les organismes perdent en activité. Il est préférable, en cette saison, de réduire le nombre de remplissages par jour, plutôt que d'arrêter le fonctionnement pendant longtemps; 6° les matières insolubles en suspension seront retenues à la surface du filtre en recouvrant celui-ci d'une couche de matériaux fins de 75 *mm* d'épaisseur au maximum. Lorsque le volume des matières ainsi arrêtées deviendra trop grand, il sera enlevé *par grattage*. Cette opération se fera, si possible, par un temps chaud et sec, après un repos de quelques jours. En plaçant la vanne d'entrée et celle de sortie l'une près de l'autre, autant que faire se peut, les matières en suspension se concentreront dans le voisinage de ces vannes et leur enlèvement sera ainsi facilité.

Application au sewage de Manchester. — Le rapport prévoit que le sewage de Manchester, après avoir passé par un système de tanks septiques, pourra être rendu imputrescible par un traitement sur lits de contact à raison de 561 *l* par mètre carré et par jour (1). Si on voulait

(1) C'est en nombre rond 5000 m^3 par hectare. A Bruxelles, où le débit est évalué à 100000 m^3, il faudrait une superficie de 20 *ha*.

obtenir un affluent *très satisfaisant*, il conviendrait de disposer d'une surface de lits secondaires égale à la moitié de la superficie des lits primaires; dans ce cas, le débit se réduit à 370 *l* par mètre carré. Mais il paraît douteux qu'il soit pratiquement utile d'atteindre un tel degré d'épuration. En travaillant au taux prémentionné et en prenant les précautions indiquées ci-dessus, la capacité des lits en fonctionnement pourra être maintenue à environ 30 0/0 de la capacité du bassin à vide, pendant un grand nombre d'années. Ceci répond aux craintes, que l'on avait exprimées, qu'à Manchester les frais de premier établissement et d'entretien seraient absolument trop élevés par suite de la superficie considérable de terrain qu'exigeraient les installations.

Points de détail. — Finalement, le rapport examine quelques points de détail controversés, notamment, la question du mélange de l'affluent du traitement biologique aux eaux du canal maritime. Ces eaux sont très mauvaises pendant les mois d'été et ce n'est que pendant et durant quelque temps après une période de pluie que les eaux sont passables pour redevenir bientôt putrides. Les essais ont permis de constater qu'un mélange avec l'affluent des lits primaires et secondaires suffisait souvent pour rendre l'eau du canal imputrescible ou, tout au moins, pour l'améliorer considérablement. On peut en conclure qu'un seul contact suffit, non seulement pour rendre l'affluent du tank septique lui-même imputrescible, mais pour épurer, par mélange, un volume considérable d'eau du canal.

Des expériences ont été faites également pour déterminer si l'affluent des lits de contact est capable d'épurer un volume appréciable de l'affluent du tank septique. Dans la plupart des cas, les résultats ont donné toute satisfaction à cet égard.

Comme conclusion, le rapport exprime l'opinion que les constatations faites sont de nature à justifier l'application du traitement bactériologique au sewage de Manchester, suivant le projet général admis par le « Council » de la ville au mois de septembre 1900.

Les grands cataclysmes. — Au sujet du désastre de la Martinique, l'*Engineering News* expose, sur les grands désastres qui se sont produits à la surface de la terre, des considérations qui nous paraissent intéressantes à reproduire :

C'est un fait digne de remarque, dit le journal américain, que le seul moyen d'apprécier l'importance de ces grandes catastrophes que nous possédions est le nombre de vies humaines qu'elles ont coûté. Ainsi, une perturbation physique de médiocre importance en elle-même, mais qui viendra à se produire dans le voisinage d'une ville, laissera dans l'histoire la trace d'une grande catastrophe, alors que des phénomènes d'une violence bien plus considérable pourront être à peine signalés et bien vite oubliés. Par exemple, il se produit tous les ans aux États-Unis un certain nombre de cyclones aussi violents que celui qu'on constata à Saint-Louis en 1896; mais, à moins que leur trajectoire ne rencontre un centre de population un peu dense, l'effet de destruction est presque toujours relativement insignifiant.

Il en est de même pour les éruptions volcaniques. Si on considère le

globe dans son ensemble, on constate que les projections de matières volcaniques sont assez fréquentes; mais ce n'est que lorsque ces projections se produisent sur une ville ou, en général, une agglomération de population, que ce phénomène naturel prend les proportions d'une catastrophe qui attire l'attention du monde entier.

Nous avons dit que la quantité de vies humaines sacrifiées est le seul mode que nous possédions pour l'appréciation de la grandeur de ces désastres. Or, il est certain que le nombre des victimes n'est jamais connu bien exactement. Après le cyclone de Saint-Louis, on a pu constater que, dans beaucoup d'endroits, des individus et même des familles entières qui habitaient sur les bords du fleuve avaient été entraînés avec leurs demeures, sans laisser aucune trace. Après les inondations qui ont ravagé Johnstown en 1889 et Galveston en 1900, on n'a pu avoir qu'une approximation assez grossière du nombre de personnes qui ont péri.

Si ce fait se rencontre dans les pays les plus civilisés, que doit-il se passer, à ce sujet, dans ceux qui le sont peu ou point du tout, et où les phénomènes volcaniques et les tremblements de terre ne sont pas rares? Les statistiques y sont inconnues ou, en tout cas, peu dignes de foi. On dit que la ville de Saint-Pierre comptait une trentaine de mille habitants, qui ont à peu près tous disparu. On parle de quelques centaines de victimes dans l'île anglaise de Saint-Vincent, où il s'est produit aussi une éruption volcanique. Mais on ne peut faire encore que des conjectures sur le sort des populations clairsemées de la partie nord de la Martinique. Il est probable que, lorsqu'on pourra faire des relevés un peu plus précis, on trouvera peut-être un plus grand nombre de victimes à Saint-Pierre, de même que, comme on peut l'espérer, les effets de la catastrophe se seront faits sentir moins durement dans la partie septentrionale de l'île.

De tous les cataclysmes qui menacent la population de la terre, les éruptions volcaniques sont peut-être les plus terrifiantes. Aucune n'impressionne autant l'esprit que cette mise en œuvre des éléments contenus sous l'écorce terrestre, et cependant, les éruptions volcaniques ont des effets bien moins redoutables que cette autre manifestation des forces souterraines, les tremblements de terre. La raison en est manifeste. Les ravages des éruptions volcaniques sont généralement confinés dans le voisinage des crevasses par lesquelles s'écoulent les matières vomies par le volcan. Dans le cas de la Martinique, Saint-Pierre qui a été détruit était à 8 *km* à peu près du volcan; Fort-de-France, situé plus loin, a été indemne. Les tremblements de terre, au contraire, peuvent se faire sentir à des centaines de kilomètres. Le nombre de volcans qui existent sur la surface du globe est de quelques centaines, dont la plupart dans des régions désertes ou au moins peu habitées. Des secousses de tremblement de terre d'une grande violence se font sentir sur une grande partie de la surface de la terre.

Parmi les désastres amenés par des éruptions, la destruction de Pompéi est probablement celui qui a fait le plus de bruit dans l'histoire; cela tient en grande partie à ce qu'il s'est produit au centre du monde civilisé de l'époque.

Si on connaissait l'histoire des pays barbares, on trouverait certainement que certains volcans des Indes Orientales, du Japon ou des îles Sandwich ont fait autrefois bien plus de victimes que le Vésuve n'en a fait dans le voisinage de Naples.

Parmi les grands tremblements de terre, le plus connu est certainement celui de Lisbonne, et cela pour des raisons analogues à celles que nous venons d'indiquer pour Pompéi. Mais la perte de vies de ce grand désastre (évalué à 35 000 par Malhall) est énormément dépassée dans deux cataclysmes qui se sont produits dans le xviii[e] siècle.

En 1703, il a péri au moins 190 000 personnes à Yeddo, au Japon et, en 1731, au moins 95 000 à Pékin, dans les deux cas par des tremblements de terre. Au Caire, en 1754, une catastrophe du même genre a fait 40 000 victimes et autant, en 1797, à Quito, dans l'Amérique du Sud. Bien plus récemment, en 1880, un tremblement de terre a fait périr 3 000 personnes à Manille.

Il y a peu de temps, au Caucase, des tremblements de terre ont fait de 3 000 à 5 000 victimes. On sait que l'Amérique du Sud est le siège de phénomènes continus de ce genre. En 1733, des secousses sismiques ont fait périr 33 000 personnes et, le 18 août dernier, quelques centaines ont été victimes des mêmes phénomènes.

Il n'est pas sans intérêt de faire remarquer que, dans les désastres amenés par les tremblements de terre, les pertes de vies humaines proviennent, en grande partie, de causes secondaires. Ainsi les gens sont tués par la chute des maisons ou par les raz de marée qui sont les accompagnements ordinaires des tremblements de terre. Il n'est pas sans exemple de voir des vagues, causées par des secousses sous-marines, balayer entièrement une côte où les secousses ne s'étaient pas produites. On est accoutumé à considérer le bord de la mer comme une partie du sol aussi invariable que les autres. On se contente de ne bâtir qu'au delà des limites atteintes par les plus hautes marées, et on s'y considère comme en sûreté parfaite. Il suffit d'une secousse sous-marine pour soulever une vague qui, comme les ondes produites par un caillou qu'on jette dans une nappe d'eau calme, se propageant dans tous les sens et envahissant la côte, balaye tout ce qu'elle rencontre.

Dans la physique de l'ancien temps, les sujets divers étaient classés dans les quatre éléments, terre, air, feu et eau. Les volcans et tremblements de terre sont les manifestations d'activité du premier des éléments; les cyclones se rapportent au second, les incendies au troisième, et les inondations au quatrième. Ces dernières sont probablement les plus grands désastres que le monde ait connus et les victimes qu'elles ont faites sont plus nombreuses que celles des autres causes réunies. Il y a deux ans seulement les inondations ont détruit la ville de Galveston et fait périr 12 000 personnes. Depuis une demi-douzaine d'années, deux autres catastrophes analogues survenues sur le côté sud de l'Atlantique ont fait périr beaucoup d'habitants de localités situées au bord de la mer.

Mais c'est la Hollande qui a eu le plus à souffrir des fureurs de l'Océan, par la rupture des digues qui protégeaient de grandes étendues de terrains situés au-dessous du niveau de la mer. Le plus terrible de ces

désastres s'est produit en 1530 et n'a pas fait, dit-on, moins de 400 000 victimes. Un siècle plus tard, en 1646, plus de 100 000 personnes ont péri par une catastrophe du même genre.

A côté de ces hécatombes, les pertes de vies par les débordements de fleuves sont insignifiantes. Sauf dans des cas où, comme à Johnstown, la rupture d'un barrage lance brusquement d'énormes volumes d'eau dans une vallée étroite, les habitants des régions menacées peuvent, en général, se mettre à l'abri sur des régions plus élevées. Il n'y a que dans des pays où le sol est très plat et la population très dense qu'on voit des inondations faire un très grand nombre de victimes. Un des exemples les plus remarquables est le débordement du fleuve Jaune en Chine, en 1642, qui fit périr 300 000 personnes et un second désastre semblable arrivé quinze ans plus tard, qui fit 200 000 victimes. Une inondation du Gange en 1876 paraît aussi avoir fait périr à peu près 200 000 personnes.

Le Mississipi a de très fréquents débordements, mais ils ne sont pas graves au point de vue du nombre de victimes, à cause des conditions topographiques qui sont absolument différentes. Le soi-disant delta du fleuve, de Cairo à la Nouvelle-Orléans, est, en réalité, une vallée d'alluvion, avec des bords relativement escarpés, qui permettent de se mettre rapidement à l'abri de l'inondation. De plus, le véritable delta en aval de la Nouvelle-Orléans n'est pour ainsi dire pas habité.

A côté de ces cataclysmes naturels, les désastres amenés par la destruction des ouvrages créés par la main de l'homme sont insignifiants. C'est plutôt par leur nombre et leur fréquence et aussi par le fait qu'ils comportent des enseignements permettant d'en prévenir le retour dans une large mesure, qu'ils attirent l'attention.

Il y a, enfin, deux classes de désastres qui ont chacune fait beaucoup plus de victimes que tous les cataclysmes naturels : ce sont les épidémies et les guerres. Il faut espérer que la civilisation finira par supprimer ces deux grandes causes de perte de vies humaines, ou tout au moins qu'elles deviendront de plus en plus rares pour l'honneur de l'humanité.

Le système métrique aux États-Unis. — Au sujet de cette question que nous avons déjà eu plusieurs fois l'occasion de traiter ici, et, en dernier lieu, dans la Chronique de mars, et qui est tout à fait d'actualité en ce moment, nous croyons utile de donner l'appréciation d'un journal très répandu, le *Scientific American*.

En dépit des efforts exercés périodiquement pour faire abandonner un système répudié depuis longtemps par tous les pays civilisés, à l'exception de la Grande-Bretagne, l'entêtement anglo-saxon nous rive encore au système du pied, malgré la gêne que ce système cause à notre commerce et à nos méthodes de calcul.

L'agitation qui s'est produite dans ces derniers temps, en faveur d'un système plus rationnel de mesures, s'est traduite par un bill actuellement devant le Congrès, et dont l'objet est d'autoriser l'emploi du mètre pour les différents départements du Gouvernement des États-Unis. La plupart des savants sont favorables à cette proposition, mais il n'a pas

manqué de se produire de très vives protestations. Ainsi, l'American Society of Mechanical Engineers a émis l'opinion que le système métrique aurait de graves inconvénients pour la fabrication et la vente des machines, et amènerait des pertes de temps et d'argent en rendant sans valeur les mesures, calibres, etc., actuellement en usage dans tout le pays (1).

Au sujet de cet argument présenté d'une manière très nette, il paraît intéressant de connaître l'opinion des manufacturiers eux-mêmes sur le système incriminé. La Direction du Bureau national des Mesures a consulté une trentaine de fabricants d'outils, en les priant de se prononcer sur la question. Les réponses reçues, loin de formuler des objections, indiquent une très grande confiance dans les résultats à attendre du système métrique au point de vue de la construction mécanique. D'ailleurs, il existe déjà un certain nombre d'ateliers qui travaillent avec ce système.

L'American Society of Mechanical Engineers donne, comme motif de son opposition, le fait que le pouce se prête mieux au calcul des pièces de machines que le millimètre. On peut répondre que la tendance de plus en plus manifeste, dans les ateliers, à subdiviser le pouce en dixièmes, centièmes, etc., montre clairement l'intention d'adopter un système plus scientifique que la division sucessive par deux.

Les mesures métriques sont, d'ailleurs, déjà employées en partie par des Administrations publiques. La poste pèse en grammes les dépêches et objets à destination de l'étranger ; les guides postaux donnent les poids en onces et en grammes, et, généralement, les équivalents sont inexacts. Le poids des monnaies est en nombre de grammes exacts ; ainsi, la pièce de 5 cents pèse 5 *gr*, mais, pour sauver la face, comme disent les Chinois, la publication officielle *the Revised Statutes ot the United States* dit : « Le poids de la pièce de 5 cents sera de soixante-dix-sept et seize centièmes de grains troy », au lieu de dire tout simplement 5 *gr*.

Le mouvement actuel en faveur du système métrique est dû, en partie, à l'emploi de ces mesures dans les applications de l'électricité, car les mesures électriques adoptées par la loi du 12 juillet 1894 sont basées sur le système centimètre, gramme, seconde. L'énorme développement de ces applications a rendu nécessairement la plupart des ingénieurs familiers avec les unités métriques.

Depuis des années, la Monnaie des États-Unis se sert du système métrique. La petite monnaie d'argent pèse 1 *gr* par 4 cents. L'Américain se sert tous les jours de ce système sans s'en douter. L'usage de la livre troy a entièrement disparu pour ce qui concerne la monnaie.

Les pharmaciens, qui faisaient le plus emploi de la livre troy et de ses subdivisions, sont, depuis longtemps, familiers avec les poids métri-

(1) Il semblerait que l'opposition attribuée généralement à cette Société, dans la question du système métrique, aurait été faite, en son nom, par des personnes non autorisées, car, dans la dernière session de cette Société, le 3 juin dernier, il a été présenté et voté une résolution interdisant à tout membre de la Société ou de son Conseil, de prétendre agir en son nom, sans y être autorisé par écrit par le Conseil, la question de l'opposition au système métrique étant formellement visée dans cette résolution.

ques. La Pharmacopée des États-Unis, qu'on trouve dans toutes les pharmacies, donne tout en grammes et fractions; les verres gradués, pour la chimie, sont divisés en fractions du décimètre cube. Il n'est pas rare de trouver des catalogues avec les indications métriques, pour ce qui concerne les produits chimiques.

Le département du Coast and Geodetic Survey est encore une Administration publique qui a, depuis longtemps, adopté le système métrique. Le Bureau des Poids et Mesures a fait de même.

Dans le service de la construction mécanique, la proportion est très encourageante. En avril 1900, un rapport du Comité des Associations de chemins de fer donne une liste des fabricants qui emploient le système métrique. Parmi les produits de ces fabricants figurent des montres, des injecteurs, des machines frigorifiques, des tours à fileter, des balances, des calibres, des mesures et des instruments de dessinateurs.

Au point de vue de la monnaie, le système métrique se recommande à l'exportation américaine, parce que tous les peuples avec lesquels elle peut trafiquer, à l'exception des Anglais, se servent de ce système. Des gens qui ont l'habitude de compter en kilogrammes et en mètres ne vont pas s'embarrasser dans le dédale des mesures anglaises. Cette nécessité a été comprise immédiatement en Amérique. Les pièces d'artillerie que ses constructeurs livrent à l'étranger sont calibrées en millimètres. Les Baldwin font des locomotives pour voie de 1 *m* (1). Il n'y a pas un atelier un peu important, aux États-Unis, qui ne soit préparé à construire n'importe quelles machines sur des mesures métriques. A mesure que l'exportation viendra à augmenter, on emploiera de plus en plus ce système.

Si on considère que le systéme métrique est international, qu'il est plus simple qu'aucun autre, (car personne ne contestera qu'il est plus facile de passer du centimètre au mètre et *vice versa*, que de transformer des pouces en pieds ou yards et inversement), que tous les jeunes gens qui sortent des écoles techniques sont familiarisés avec ces mesures, on ne voit aucue raison pour douter de l'acceptation, par le Congrès, du projet de loi qui lui est soumis. D'ailleurs, on n'empêchera personne d'employer les vieilles mesures. On pourra toujours vendre le terrain à l'acre, à la campagne, et au pied carré dans les villes. Mais il est certain, que si le Gouvernement adopte officiellement le système et s'en sert dans ses relations avec les particuliers et avec l'étranger, ce système devra forcément, tôt ou tard, devenir d'un usage général dans le pays.

Procédé de conservation du bois. — Le *Bulletin de la Société des Ingénieurs et Architectes Italiens* donno la description d'un procédé de conservation du bois, dû à un industriel lombard, M. Giussani, qui a installé, récemment, à Milan, près de la Porta Romana, un établissement pour l'application de cette méthode.

En voici le principe : si on met, dans un récipient de formes et de dimensions quelconques, un liquide dont le point d'ébullition est supé-

(1) On nous permettra de trouver cet argument très médiocre, car les partisans des anciennes mesures pourraient répondre qu'en France les constructeurs font la plupart des locomotives pour la voie de 4 pieds 8 pouces et demi.

rieur à 100° C., tel que de l'huile lourde de goudron, des solutions salines, etc., et qu'on maintienne ce liquide à une température intermédiaire entre 100° et le point d'ébullition, celle-ci ne se produira pas; mais, si on plonge dans le liquide une pièce de bois, il se manifeste une agitation analogue à l'ébullition et produite par l'eau et la sève qui sont contenues dans les pores du bois, et qui, sous l'action d'une température supérieure à 100°, se réduisent en vapeur et traversent le bain.

Si on laisse le bois immergé en maintenant la température constante, jusqu'à ce que toute trace d'agitation ait disparu, on obtient, comme résultat, que toute l'eau qui se trouve dans les pores du bois est expulsée, à l'exception d'une très faible quantité qui, se trouvant sous forme de vapeur, ne représente guère que la 1 700e partie du poids primitif de l'eau contenue; l'air présent dans les pores est également expulsé.

Si on laisse refroidir le liquide, cette vapeur se condense en formant un vide qui se trouve immédiatement comblé par l'introduction, dans les pores du liquide du bain, sous l'action de la pression atmosphérique. De cette façon, le bois se trouve complètement imbibé de la matière du bain, quelle que soit sa forme, ses proportions et la compacité de son tissu.

Jusqu'ici, le procédé ne diffère guère d'autres méthodes employées depuis longtemps en France, en Belgique et aux États-Unis; on peut faire observer également que, pour atteindre l'effet cherché, il n'est pas nécessaire de recourir à l'emploi des huiles lourdes de goudron. Toutefois, celles-ci ont l'avantage de laisser, à la surface des pièces préparées, une sorte de vernis qui contribue à les protéger contre la moisissure, les vers, l'humidité et la combustion lente.

Voici la suite de la description : le même phénomène de pénétration se produit aussi dans le cas où, sans laisser le bois refroidir dans le bain, on l'en sort pour le plonger immédiatement dans un bain froid de même nature que le précédent, ou d'une nature différente. Ce point est très important, parce qu'il permet d'employer, comme liquide d'absorption, des matières ayant un point d'ébullition inférieur à 100°, et différent, sous ce rapport, du premier bain, qui doit être composé d'un liquide à point d'ébullition supérieur à 100°

Si, au lieu d'un bain froid de nature homogène, on avait deux liquides de densités différentes séparés en deux couches, on pourrait, avec des précautions convenables, immerger le bois successivement dans chacun des liquides, de manière à pouvoir y faire pénétrer des quantités données de chacun d'eux. Ces liquides sont de l'huile lourde de goudron et une solution de chlorure de zinc de 2° à 4° Beaumé. Le premier, qui est plus dense, reste au fond du vase et le second est au-dessus. Si on plonge d'abord le bois dans la solution saline, elle pénètre jusqu'au fond des pores, et si on termine par l'absorption de l'huile lourde, celle-ci forme une couche pour ainsi dire superficielle qui s'oppose au lavage de la solution saline intérieure, aussi bien qu'à la pénétration de l'humidité.

Tel est le principe du procédé Giussani; si ce principe n'a rien de bien nouveau, il est tout au moins appliqué sous une forme ingénieuse et propre à produire des effets avantageux.

On a fait de nombreuses expériences avec toutes espèces d'essences de bois, même du chêne très dur. Dans la préparation de traverses en chêne, pour le chemin de fer du Nord de Milan, on a constaté que les pièces étant soumises à la température de 100°, dans un bain d'huile lourde de goudron pendant quatre heures, perdaient 6 à 7 0/0 de leur poids, représenté par l'eau et des substances albumineuses et qu'elles absorbaient, en huile lourde et en chlorure de zinc, de quoi présenter une augmentation de 2 à 3 0/0 sur le poids naturel primitif. Il s'agissait de chêne coupé depuis plus d'un an et d'une densité de 1,04 à 1,07.

Ce système présente l'avantage de permettre l'absorption des liquides antiseptiques sans aucune déformation des éléments constitutifs du bois, d'autant plus que l'opération s'accomplit tout entière dans des vases ouverts. On a constaté ce fait au moyen de photographies de coupes de bois injectées par la méthode Rütgers, de Berlin, et par le système Giussani; on n'a trouvé, avec les dernières, aucune altération des diverses couches du bois.

Un autre avantage est la plus grande résistance du bois à la traction, à la flexion et à l'extraction des pièces métalliques, telles que clous, crampons, etc., ainsi qu'il résulte de certificats obtenus de l'École royale supérieure d'agriculture de Milan, où on a constaté que le bois de chêneinjectépar la méthode Giussani présentait une résistance de 15 0/0 supérieure à celle du bois de hêtre injecté au chlorure de zinc par le procédé Rütgers.

Cette méthode est d'ailleurs simple, peu coûteuse, facile à contrôler, et paraît devoir se répandre dans l'industrie.

Rails continus pour chemins de fer. — Nous avons, sous le titre qui précède, donné dans la Chronique d'août 1900, page 268, un article de M. J. Orpiszewski. Nous croyons intéressant de reproduire l'opinion émise, sur le même sujet, par M. A. Stevart, professeur à l'Université de Liège, et exprimée dans une communication faite par lui à l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège.

Pour éviter le choc au joint des rails placés bout à bout et réunis par un simple éclissage, pour supprimer le point faible que constitue ce joint, on a cherché à rendre ce rail continu. Deux procédés principaux sont en usage : le soudage électrique des abouts des rails et le procédé Falk. Dans le premier système, un wagon circule sur la voie et transforme du courant à haute tension et faible intensité en courant à basse tension et grande intensité atteignant 50 000 ampères. Ce courant peut déterminer la fusion des abouts des rails et leur liaison intime. Dans le second système un wagon portant un cubilot se déplace le long de la voie et l'on coule à l'entour des abouts des rails une masse de fonte liquide qui enserre ces derniers et réalise la continuité cherchée.

Que le rail, à l'endroit du joint soit altéré ou non par ce travail, il y existe toujours une masse englobante atteignant le but désiré.

Dans ces conditions, pour une voie nouvelle à établir, le procédé est simple. S'il s'agit de réparation, il faut encombrer la voie ; si surtout l'accident est localisé aux joints, le travail est difficile, car les rails doi-

vent être très propres pour que l'opération réussisse et l'écartement des rails disjoints est souvent considérable ; il atteint facilement 0,05 *m*.

Peut-on appliquer ce système aux grandes voies ferrées ? Pour ces dernières, l'inconvénient résulte des grandes différences de température auxquelles sont soumises les voies.

En comptant sur un écart de 50° et un coefficient de dilatation $k = 0{,}000108$, il est aisé de démontrer que la tension résultante atteint 10,8 *kg* par millimètre carré. Cette tension ne serait pas excessive, si on ne considérait pas que la fatigue principale du rail résulte de la flexion produite par le passage des charges roulantes. Si cette tension de compression ou d'allongement n'est pas atteinte, c'est qu'il y aura eu déformation de la voie.

Certains auteurs disent que la voie ne se déformera pas par suite du frottement sur le ballast. Voyons, en tout cas, quel est l'effort total que supportent les files de rails.

Supposant ceux-ci de poids p kilogramme par mètre courant, l'effort par file de rail sera $\frac{p \times 10.8}{0{,}0078} = 1380\,p$.

Pour des valeurs de p variant de 40 à 50 *kg*, l'effort susdit sera compris entre 55 200 et 69 000 *kg*. La voie droite sera donc tendue ou comprimée par un effort total de 110 à 140 *t*.

Supposons qu'il s'agisse d'un effort de compression. Deux hypothèses sont possibles : ou bien la voie restera droite, ou elle se déformera. Dans ce dernier cas, en appelant l la longueur d'un rail, i l'allongement par mètre courant et f la flèche de flexion, on a :

$$f = \sqrt{\left(l + \frac{i}{2}\right)\frac{i}{2}} = 0{,}164\,l$$

Pour $\quad l = 9\ m, \qquad f = 0{,}15\ m$

$\quad l = 12\ m, \qquad f = 0{,}20\ m.$

M. Stevart fait remarquer que la voie droite serait transformée ainsi en sinusoïde et ne permettrait pas la circulation des véhicules. Il est toutefois d'avis que la flèche extrême ainsi calculée ne sera pas réalisée et que la fatigue du rail résultera de la flexion et du raccourcissement combinés. Si la voie est en courbe, celle-ci s'accentuera.

La variation de la flèche peut s'exprimer par la formule :

$$x = f - \sqrt{f^2 - 2Rfi(l - i)}$$

dans laquelle l est le développement de la courbe, f la flèche finale et R le rayon de courbure.

Avec $l = 200\ m$, $R = 1\,000\ m$, on trouve $x = 1{,}23\ m$.

Il paraît évident que ce résultat ne sera pas atteint et que, comme dans la voie droite, il y aura déformation de flexion et de compression simultanée.

Quelle est la résistance qu'il faudrait opposer à la voie pour que la déformation par flexion ne puisse s'effectuer ?

La valeur F de l'effort de compression peut nous permettre de calculer cette résistance à raison de f kilogramme par mètre courant.

Si R est le rayon de la courbe, on a $F = Rf$

Pour	$R =$	250	400	500	1 000
	$f =$	400	250	200	100

Dans beaucoup de cas, f ne sera pas supérieur à ces chiffres, mais on aura néanmoins une valeur déterminée, non connue.

Comme conclusion, aucun effet extrême ne se produira. On aura une voie présentant des ondulations insupportables ; la fatigue supplémentaire du rail sera inférieure à 10,8 *kg* par millimètre carré et sera, en tout cas, nuisible. De plus, aux joints soudés, le métal sera altéré.

Dans la discussion qui a suivi la communication de M. Stevart, on a fait observer que le procédé Falk ne donne pas tous les apaisements ; le rail change de texture au joint, de plus la soudure peut être plus ou moins bien faite. La soudure électrique paraît devoir donner de meilleurs résultats.

Il est indiqué que, sur la ligne de Tervueren, la voie est posée à découvert et l'on a adopté un moyen terme qui consiste à constituer la voie de tronçons de 100 *m* à joints soudés.

COMPTES RENDUS

SOCIETÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUILLET 1902.

Séance générale des prix du 27 juin 1902. — Distribution des récompenses.

De la discontinuité dans les essais de fragilité, par M. LE CHATELIER.

Notre Collègue, M. Fremont, a depuis longtemps signalé la discontinuité des résultats numériques donnés par les essais de fragilité au choc sur barreaux entaillés et en a conclu que certains métaux sont fragiles tandis que d'autres ne le sont pas et qu'entre eux il n'y a pas d'intermédiaires. La présente note a pour objet de discuter ce point.

L'auteur fait observer que, si toutes les expériences publiées jusqu'ici montrent bien cette discontinuité, elles ne permettent nullement de conclure à une discontinuité dans les propriétés du métal. On ne peut affirmer qu'il existe une solution de continuité entre les métaux fragiles et ceux qui ne le sont pas.

En fait, la position de la discontinuité observée dépend autant du mode d'essai employé que de la qualité du métal.

M. Le Châtelier cite à l'appui de cette manière de voir une série d'expériences, faites aux ateliers de la Société française de constructions mécaniques à Denain, qui montrent que, si les essais au choc sur barreaux entaillés donnent bien lieu à une discontinuité dans leurs résultats, cette discontinuité ne permet pas de conclure à une discontinuité correspondante dans la qualité des métaux, puisque les résultats varient avec la nature de l'entaille.

On peut, toutefois, se demander quelles conséquences on pourrait tirer, au point de vue des essais, de cette discontinuité, dans le cas où des expériences ultérieures en établiraient définitivement l'existence.

On peut distinguer deux cas : celui dans lequel on se contenterait de demander à un mode d'essai déterminé de classer les métaux en deux catégories seulement : fragiles et non fragiles, sans se préoccuper des degrés que peuvent présenter chacune de ces catégories.

Dans ce cas, il suffira de distinguer les angles de rupture inférieurs à 10° d'angles supérieurs à 30° ; il n'y a pas de confusion possible et la mesure plus précise de l'angle ne sera pas, en général, nécessaire.

Dans le cas où, un seul mode d'essai étant employé, on veut se contenter de la division en deux catégories, on pourrait varier les conditions de l'essai suivant la nature des métaux auxquels il doit s'appliquer, en changeant soit la largeur de l'entaille, soit sa profondeur. Il y aura lieu d'étudier tout particulièrement ces éléments de l'entaille pour en faire un choix judicieux dans les essais du genre de ceux dont il est ici question.

La fragilité des aciers dans ses rapports avec leur traitement thermique, par M. H. Le Chatelier.

Sur le traitement correct de l'acier, par M. Risdale.

On admet trop généralement que les qualités de l'acier dépendaient surtout de sa composition, de telle sorte que qualité et composition chimique ont souvent été considérées comme deux expressions synonymes. C'est une façon de voir tout à fait erronée et, le plus souvent, la composition ne joue qu'un rôle tout à fait secondaire, tandis que le traitement a la part d'influence la plus grande.

L'objet de la présente note est de rechercher quelle est l'influence du traitement mécanique aux différentes températures sur les propriétés de l'acier, traitement par le fabricant et traitement par le consommateur; le premier consiste dans le laminage, le second dans le laminage après rechauffage, le forgeage et l'estampage.

Étude sur les propriétés mécaniques des aciers, par MM. Brinell et Wahlberg.

Les auteurs ont fait un très grand nombre d'essais en vue d'étudier l'influence de la composition chimique et du traitement thermique sur les propriétés mécaniques des aciers, tant celles qui se manifestent dans l'essai de traction que dans les essais au choc sur barreaux entaillés. Les résultats en sont donnés dans une série de tableaux.

Notes de mécanique. — On trouve dans ces notes la description des cisailles volantes destinées à découper en 20 ou 30 billettes des carrelets laminés de 38 *mm* de côté et 180 *m* de longueur au sortir même du laminoir, du chargeur de hauts fourneaux Kennedy, une note sur l'unification des pas de vis pour les appareils d'utilisation à gaz et une, extraite du Z. V. D. I. sur les mouvements et résistances des soupapes de pompes.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Juillet 1902.

District de Saint-Étienne.

Réunion du 7 juin 1902.

Communication de M. Morchoine sur l'**installation de traction électrique de la Compagnie des Mines de la Loire.**

L'objet de cette installation est d'opérer la traction entre une recette située à 30 *m* du jour et le triage du puits de la Loire sur une distance de 1 300 *m*, dont 900 en tunnel.

La voie est en rails à patins de 12 *kg* le mètre; l'écartement est de 0,50 *m*. Le conducteur aérien fixé à une hauteur, au-dessus de la voie, variant de 3,20 à 1,60 *m*, est formé d'un fil de cuivre de 8,25 *mm* de

diamètre, soutenu par des poteaux à console à l'extérieur et par des supports fixés aux parois dans la galerie.

La locomotive, venant des États-Unis, pèse 3800 *kg*; elle peut remorquer des trains de 25 bennes pesant 25 à 27 *t* à la vitesse de 12 *km* à l'heure, sur un profil ne comptant pas de rampes supérieures à 1 0/0. Il y a deux moteurs de 16 *ch* actionnant les essieux par engrenages. Le courant est produit à la tension de 500 volts par une génératrice Couffinhal tétrapolaire à excitation compound ; le retour se fait par les rails. Les dépenses, non compris celles de la station électrogène, se sont élevées à 54 000 *f*; le prix de revient de la tonne kilométrique est de 0,13 *f*.

Communication de M. MAURICE sur un **nouveau cercle à calcul** construit par P. Pouech.

Cet appareil, analogue, dans son principe, à la règle à calcul, se compose d'un disque fixe, d'un disque mobile concentrique et d'une alidade tournant autour du centre. Vu la modicité du prix, ce genre d'instrument qui permet de faire des calculs que ne comporte pas la règle, paraît destiné à se répandre dans l'industrie.

Communication de M. VIANNAY sur **la lampisterie à benzine du puits Michaël** des mines de Wilecza.

On peut signaler particulièrement trois points dans cette installation :

1° L'atelier de remplissage et celui d'allumage sont contigus et communiquent par une porte ; cette disposition n'est pas à imiter, car elle peut devenir, semble-t-il, une cause d'incendie;

2° Des précautions minutieuses ont été prises pour parer au danger d'inflammation de la benzine liquide et pour éteindre rapidement, sous une avalanche de sable, les incendies possibles. La propriété que possèdent les vapeurs de benzine de donner avec l'air un mélange explosif n'a pas paru nécessiter d'autres mesures de sûreté qu'une bonne ventilation ;

3° L'éclairage électrique des lampisteries à benzine est autorisé en Autriche. Cette manière de voir diffère totalement des principes admis en France où, comme on sait, toute espèce d'éclairage est interdit dans les locaux où se manipulent les liquides inflammables.

Communication de M. PETIT sur **un enregistreur de cordées pour machines d'extraction,** système Villiers, employé aux houillères de Saint-Étienne.

Le compte rendu de mai a décrit un enregistreur de cordées employé aux mines de Decize. La présente communication a pour objet de faire connaître une solution différente du même problème, consistant en un arbre fileté recevant un mouvement de rotation de la machine d'extraction ; sur cette partie filetée se déplace un écrou terminant un levier dont l'autre extrémité porte une plume qui trace une courbe sur une bande de papier qui se déroule sous l'action d'un mécanisme d'horlogerie. Le tambour sur lequel est le papier fait un tour en douze heures.

Instruction pratique pour l'emploi de l'appareil auto-capteur système Petit.

Cet appareil est destiné à des prises continues et automatiques d'échantillons grisouteux et, comme il est actuellement en usage dans un certain nombre de mines tant en France qu'à l'étranger, il a paru utile de donner des indications pratiques pour faciliter l'emploi de cet appareil.

Extraction du charbon dans le bassin de Dombrowa. — Cette note, due à notre collègue M. Journolleau, a paru dans la Chronique du *Bulletin* d'avril 1902, page 659, de notre Société.

Production houillère du Nord et du Pas-de-Calais dans le premier semestre de 1902.

Le bassin du Pas-de-Calais a produit, dans les six premiers mois de 1902, un total de 7 439 677 *t*, en augmentation de 247 697 *t* sur le semestre correspondant de 1901. Sur ce total, les mines de Lens ont produit 1 471 000 *t* et les mines de Courrières 1 033 000.

Le bassin du Nord a produit 2 904 491 *t* en augmentation de 325 658 sur le semestre correspondant de 1901. Sur ce total, les mines d'Anzin figurent pour 1 470 600 *t*.

Les mines du Pas-de-Calais ont produit, dans la même période, 381 763 *t* de coke et 183 580 d'agglomérés, et les mines du Nord 308 667 *t* de coke et 161 587 d'agglomérés.

Production houillère de la Loire.

Dans le premier semestre de 1902, les mines de la Loire ont produit 1 770 000 *t* de houille, soit 164 326 *t* de moins que dans le semestre correspondant de 1901.

La production du coke s'est élevée à 91 514 *t* en diminution de 13 000 *t* sur l'année précédente et celle des agglomérés à 32 128 *t* ou près de 20 000 *t* de moins que dans la période correspondante de 1901.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :

A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

L'achèvement du canal de Panama (1),
par C. SondeREGGER.

L'auteur a divisé son ouvrage dans les chapitres suivants :

I. — Climat de l'isthme. — Personnel et ouvriers.
II. — Régime des pluies, des cours d'eau, des marées.
III. — Bases des projets.
IV. — Le canal à niveau.
V. — Le canal à écluses.
VI. — Le canal à écluses et à lac intérieur.
VII. — L'exécution des travaux.
VIII. — Résumé et conclusions.

Dans le premier chapitre il expose, avec nombre de détails intéressants, les conditions matérielles de la vie dans l'isthme, et détaille les précautions à prendre dans le recrutement du personnel, employés et ouvriers. Il énonce les enseignements qu'il a recueillis d'un séjour de plus de huit années sur les chantiers, au sujet des règles d'hygiène à observer pour se maintenir en bonnes conditions de santé. Il insiste particulièrement sur les méthodes à employer pour dresser un personnel de conducteurs de machines, en utilisant les noirs des Antilles, à l'exclusion de tous les gens de race blanche, qui ne peuvent fournir un travail soutenu dans les emplois de chantier.

Il évalue l'effectif d'ouvriers nécessaire, sur les travaux de la grande tranchée, au moment de leur pleine activité, à neuf mille, pour équiper cent vingt chantiers d'excavateurs, avec tout le personnel accessoire nécessaire.

Dans les chapitres II et III, l'auteur rappelle les régimes des pluies, des cours d'eau, ainsi que des marées dans la baie de Panama; ce qui le conduit à indiquer comme indispensable la construction d'un sas à marée, par raison d'économie dans les terrassements du dernier bief. Il expose les bases des divers projets qui peuvent être mis en présence en vue de l'achèvement de l'œuvre.

(Rappelons ici que nous avons, dans le *Bulletin* de la deuxième quinzaine de février 1900, présenté une analyse du projet définitivement adopté par la Compagnie nouvelle et dont celle-ci continue l'exécution.)

Dans les chapitres IV, V et VI, l'auteur examine en détail ces divers projets, tant au point de vue de l'importance des travaux à exécuter, qu'à celui des dépenses et du temps nécessaires à leur achèvement. Nous résumerons, dans le tableau ci-dessous, les résultats d'estimations

(1) In-8°, 270 × 185 de IV-200 pages, avec 88 figures et 3 planches. Paris, Vve Ch. Dunod, 1902; prix broché : 9 *f*.

établies d'après les relevés officiels, en prenant comme prix unitaires des chiffres résultant d'une expérience de longue durée :

	Dépenses.	Délai d'achèvement.
	—	—
Canal à niveau	800 000 000 *f*	9 ans.
Canal à écluses (plafond à + 10)	530 000 000	6 —
— (plafond à + 20)	495 000 000	5 —
Projet de la Compagnie nouvelle (plafond à + 10)	550 000 000	6 —
Canal à écluses avec lac intérieur (plafond à + 20)	530 000 000	5 —
Canal à écluses avec lac intérieur (plafond à + 30)	480 000 000	5 —

Dans le chapitre VII, l'auteur, en raison du caractère et des aptitudes limitées de l'ouvrier noir, conclut à la nécessité d'employer des machines d'un fonctionnement aussi simple que possible ; il reconnait que le matériel approvisionné par l'ancienne Compagnie : excavateurs, locomotives, wagons, dragues, répondait bien aux besoins, mais, de l'étude approfondie des conditions nécessaires à l'exécution, il déduit que, pour donner aux travaux toute l'activité désirable, ce matériel devra être augmenté dans d'assez fortes proportions.

L'auteur, étudiant en détail l'organisation du vaste chantier de la tranchée centrale, qui représente un cube de terrassement, soit de 24 000 000 m^3, soit de 35 000 000 m^3, suivant qu'on se propose de terminer le canal en plaçant le plafond du bief de partage à + 20 ou à + 10 et qui s'étend sur environ 10 *km* de longueur, l'auteur arrive à cette conclusion que, pour diminuer la longueur occupée par les rampes de sortie conduisant aux décharges, qui encombreraient la tranchée, il y aura lieu de se résoudre à adopter le principe de locomotives à crémaillère, capables de remorquer des trains de 120 *t* sur des rampes de 6 0/0 à la vitesse de 10 *km* à l'heure. La complication et les dangers de ce système, pour des voies de travaux, font désirer qu'une étude plus approfondie permette de conserver la traction par simple adhérence.

L'auteur énonce aussi l'idée de se servir des excavateurs à godets pour l'attaque de terrains de grès tendre, bien qu'il prévoie aussi l'emploi de batteries de perforatrices à air comprimé pour préparer le déblai en avant des excavateurs. En vue de mettre ces excavateurs à même d'accomplir ce travail, il propose de les munir d'un dispositif nouveau, dont il donne des croquis, qui permette de faire tomber le déblai pour être pris ensuite par les godets. Il y aurait sans doute lieu de soumettre à des essais sérieux ce nouvel organe qui aura lui-même à supporter des chocs et de violentes secousses, et qui pourra transmettre à l'appareil tout entier des efforts dangereux et, en tout cas, compromettre beaucoup sa stabilité, et par son mode d'action et par la position qu'il y a lieu de lui donner.

Le matériel de perforatrices serait formé d'unités complètes et roulant sur voies, comprenant : chaudières, compresseurs, réservoirs d'air et canalisation mobile.

Le matériel nouveau ainsi prévu se composerait comme ci-dessous et entrainerait la dépense suivante :

120 locomotives à roue dentée	7 500 000 *f*
120 excavateurs perfectionnés	10 800 000
100 compresseurs d'air avec moteurs	5 000 000
1 500 perforatrices et accessoires	3 000 000
L'achat de 1 500 wagons de 6 m^3 et réparations aux wagons existants	4 500 000
160 *km* de rails, crémaillères et accessoires	6 200 000
Modifications aux appareils de dragage	3 000 000
Total.	40 000 000 *f*

Comme conclusion, montrant bien le but de l'ouvrage que nous analysons, nous ne pouvons mieux faire que de transcrire les derniers paragraphes de l'ouvrage même :

« Des leçons précieuses se dégagent de l'expérience du passé ; elles » nous ont permis de formuler des règles, des procédés et toute une » méthode de travail conforme aux conditions climatériques et sociales » de l'isthme.

» Au point de vue matériel, la situation a également changé, et non » moins avantageusement : le terrain est déblayé, les principaux obsta- » cles franchis, les travaux organisés.

» Nous attachons, par expérience, tant d'importance aux difficultés » des périodes préparatoires, qu'à notre avis, elles suffiraient à elles » seules pour écarter le projet du canal de Nicaragua.

» Nous n'ignorons pas que nos conclusions sont en désaccord avec » l'opinion très répandue, d'après laquelle l'œuvre de Panama serait » une entreprise presque irréalisable. Puissions-nous contribuer à rec- tifier cette erreur, à répandre la vérité, et à ranimer la confiance dans » cette grande œuvre, pour laquelle la France a sacrifié tant d'existences » humaines, des sommes d'argent si considérables, tant et de si coura- » geux efforts ! »

Malgré les conclusions très favorables de cette étude, et vu l'état où en est arrivée la question, il n'est plus permis d'espérer voir le travail terminé par ceux qui ont fait les premiers sacrifices. Pour diverses causes de première importance, on peut affirmer que le Gouvernement américain ne pourra négliger les résultats déjà acquis à Panama, et que les raisons qui entravent encore la conclusion des négociations entamées sont d'un tout autre ordre que les conditions techniques de l'exécution.

Ed.-Ch.-L. Henry.

IIe SECTION

Guide pour l'essai des moteurs (1), par M. J. Buchetti.

On sait que M. Buchetti est l'auteur d'une véritable encyclopédie composée d'ouvrages sur les moteurs à vapeur, les moteurs hydrauliques, l'essai des machines, pour ne parler que de la partie mécanique proprement dite. Nous avons eu occasion de présenter à nos Collègues une partie de ces ouvrages et notamment la première édition du *Guide pour l'essai des moteurs*, dans la séance du 10 avril 1885. On nous permettra de rappeler que le président d'alors, M. de Comberousse, voulut bien conseiller à M. Buchetti de faire précéder les futures éditions de son guide, de notre compte rendu, ce qui fut exécuté par l'auteur.

Le fait même que nous présentons aujourd'hui la troisième édition de cet ouvrage constitue par lui-même la meilleure appréciation de sa valeur, nous pouvons donc nous contenter de signaler les additions les plus importantes faites dans cette édition.

La partie concernant les indicateurs a été augmentée de la description de plusieurs appareils nouveaux nécessités par l'introduction dans les moteurs, d'une part, de vitesses très élevées (moteurs à explosion), de l'autre, de températures considérables (vapeur surchauffée).

La partie relative aux freins a également reçu diverses additions.

Nous signalerons enfin une partie nouvelle concernant l'emploi de la dynamo comme frein ou dynamomètre, emploi extrêmement commode, car la simple lecture sur des cadrans du voltage du courant et de son intensité permet de trouver le travail moteur.

L'auteur termine son ouvrage, comme dans les éditions précédentes, par des considérations sur la combustion et la vaporisation, au point de vue des essais des générateurs de vapeur.

L'ouvrage de M. Buchetti est de nature à rendre les plus grands services aux ingénieurs et aux industriels en ce qui concerne les essais des moteurs, desquels les uns et les autres sont forcément amenés à s'occuper à un moment donné.

A. Mallet.

Les scieries et les machines à bois (2), par M. Paul Razous.

Ce livre se divise en neuf chapitres : 1° Exploitations en forêt; 2° Scieries fixes; 3° Ateliers de menuiserie; 4° Tours; 5° Caisses d'emballage; 6° Tonnellerie mécanique; 7° Électricité dans les ateliers; 8° Appareils de protection; 9° Responsabilité des patrons. Dans les trois premiers chapitres, l'auteur s'est surtout occupé de l'installation générale des ateliers au point de vue bâtiments, moteurs, transmissions,

(1) In-8, 220×135 de xvi-244 pages avec 179 figures (troisième édition refondue). Paris, Ch. Béranger, prix relié 15 francs.

(2) In-8°, 255 × 165 de xxxi-444 pages, avec 332 figures; Paris, Veuve Ch. Dunod, 1902. Prix : broché, 15 francs.

courroies, etc., au sujet desquels il donne, avec compétence, des conseils pratiques, étudiés avec soin. Puis il passe superficiellement en revue les principales machines usitées dans les industries qu'il étudie en s'étendant un peu plus sur les machines étrangères moins connues mais souvent plus nouvelles par leurs formes que par leurs organes.

L'auteur choisit, en effet, un grand nombre des machines qu'il cite dans les types des machines allemandes : Kirchner de Leipzig et Hespe de Hambourg.

M. Paul Razous étant Inspecteur du travail, les deux derniers chapitres sont développés avec une compétence toute particulière bien que n'étant pas toujours d'accord sur le choix des appareils, avec les résultats du concours de la Société des Industriels contre les accidents du travail.

P. Jametel.

IIe SECTION

Les charbons américains. Production et prix, havage et roulage mécaniques, avec graphiques (1), par Ed. Lozé.

L'auteur montre la progression extrêmement rapide de la production américaine en même temps qu'une baisse du prix de revient de ses produits.

Ce double courant est dû à diverses causes, au nombre desquelles il faut marquer l'intervention du travail mécanique dans l'exploitation des houillères et plus particulièrement dans le havage et le roulage.

Le havage mécanique rencontre des difficultés suscitées par les ouvriers et même par certains patrons. L'auteur indique les haveuses habituellement en usage aux États-Unis, leur emploi, leur valeur comparative etc., le roulage dans l'intérieur des mines au moyen de locomotives électriques ou à air comprimé.

Étude géologique et minière des provinces chinoises voisines du Tonkin, par M. Leclère (2).

Cet ouvrage, qui résume les connaissances acquises par un voyage de près de deux ans dans une partie de la Chine encore presque fabuleuse, malgré les rares voyageurs qui y avaient pénétré, est une révélation, au point de vue minier, de la puissance future de cet Empire. La muraille de Chine est tombée, pour ainsi dire, devant les explorations patientes de M. Leclère, et la reconnaissance de 30 milliards de tonnes de houille exploitables et de nombreux gisements de minerai métallique est le résultat de ces recherches à tous points remarquables. Il a fallu non seulement un géologue et un mineur expérimenté pour rapporter le résultat que nous venons de citer brièvement, mais en outre il a fallu à

(1) In-8°. 255 × 165, de 150 p. avec 8 planches. Paris, Ve Ch. Dunod 1902. Prix broché : 6 *f*.

(2) In-8° de 250 × 165 de 219 pages, avec pl. V à XVI. Paris, Ve Ch. Dunod. — Prix broché : 10 fr.

son auteur le courage et la résistance de l'explorateur pour venir à bout des difficultés sans nombre que lui ont opposées les mœurs de routine conservatrice du pays, et dont il ne dit que quelques mots, entre les lignes desquels tous ceux qui ont passé par les mêmes épreuves peuvent lire les désespérances momentanées et les reprises de courage données par la foi dans la grandeur de l'entreprise.

Le rideau qui voilait la Chine à l'Ouest est maintenant déchiré et non seulement M. Leclère nous donne sur sa géologie les renseignements les plus détaillés, recueillis pendant de nombreuses courses dont les itinéraires sont reportés en détail, mais encore des photographies bien caractéristiques, qui les complètent, viennent nous éclairer sur le facies pittoresque du pays. Au point de vue géologique, une carte, établie d'après la terminologie de la carte géologique de France, termine et résume ces explorations, de plusieurs milliers de kilomètres, qui ont embrassé une partie du Tonkin, du Yun-Nan, du Kouang-Si, du Se-Tchouan et du Kouei-Tcheou.

L'ouvrage est divisé en trois parties. Dans la première, après un aperçu général sur la géographie et le résumé du voyage, l'auteur nous donne une classification stratégique très détaillée du bassin parcouru : terrain cristallophyllien, précambrien, dévonien, carboniférien, permien, triasique, liasique, tertiaire et quaternaire.

Dans la deuxième partie les itinéraires détaillés donnent, au fur et à mesure, les renseignements nécessaires sur les contrées traversées et sur les gisements rencontrés et visités. Cette partie se termine par une étude d'ensemble sur la formation des terrains étudiés.

Dans la troisième partie, l'auteur examine les ressources minérales découvertes (houille, fer, étain, cuivre, plomb, zinc, mercure, or, sel, minerais divers), et leurs conditions d'exploitabilité. Il nous montre la population minière, l'établissement des exploitations et les bases sur lesquelles elles existent et pourraient être améliorées et transformées. Puis des annexes donnent des exemples de réglementation administrative, et enfin une note du même auteur sur la législation des mines en Chine, parue dans une livraison antérieure des *Annales des Mines*, vient fort à propos compléter au point de vue législation, cette importante étude.

Cet ouvrage est réellement un monument de l'histoire minière de la Chine, où les futurs explorateurs et exploitants viendront puiser de précieux renseignements. A. DE GENNES.

IVe SECTION

Le scaphandre et son emploi (1), par M. DIBOS.

L'auteur, après avoir fait l'historique de l'invention, décrit dans tous ses détails l'appareil actuellement construit en France (invention de MM. Rouquayrol et Denayrouze, perfectionnée par M. Ch. Petit, constructeur et propriétaire des brevets), ainsi que tous ses accessoires,

(1) Encyclopédie scientifique des aide-mémoire, Gauthier-Villars et Masson. — Prix broché : 2 fr. 50. In-8°, 190×120, de 160 p. et 33 fig.

pompes, tuyaux et appareils acoustiques ; il décrit l'application faite par lui et adoptée par la Marine, d'un micro-téléphone, donnant la communication constante du plongeur avec ses servants de la surface; il décrit aussi certains appareils d'éclairage, nécessaires quand on travaille la nuit, ou dans des eaux obscures.

Il donne ensuite des conseils pratiques sur le choix des hommes à employer à cet usage, ainsi que des recommandations de première importance à observer dans l'emploi de l'appareil, au point de vue de la résistance aux effets de compression et de décompression. L'ouvrage décrit ensuite un certain nombre de travaux où le scaphandre a pu être employé avec succès, et mentionne que, dans la plupart des exploitations courantes, comme pêches de perles et d'éponges, dans l'Océan Indien et dans la Méditerranée, ce sont des appareils français qui sont employés, à l'exclusion de ceux de fabrication étrangère.

L'auteur mentionne l'emploi du scaphandre à l'exploration et à la visite de travaux d'art, ainsi qu'à la préparation de mines sous eau.

En résumé, par le grand nombre d'indications et d'instructions précises qu'il contient, l'ouvrage est une véritable théorie du scaphandrier, et ceux ayant à en faire usage trouveront en lui un guide très utile.

L. C.

Précis populaire d'hygiène pratique, par le Dr A.-F. Plicque (1).

Ce petit livre a été inspiré par les nombreux ouvrages analogues publiés en Allemagne, et dont l'un d'eux a été adopté officiellement et largement répandu par les soins de l'Office sanitaire de l'Empire.

On ne saurait trop vulgariser ces notions simples d'hygiène qui doivent rendre de si grands services aux classes pauvres et permettre de combattre victorieusement ce que, depuis Pasteur, l'on appelle les maladies évitables, c'est-à-dire toutes les maladies contagieuses. C'est à cette étude spéciale qu'est consacré le dernier chapitre de l'ouvrage. Les autres, qui n'en sont que la préparation, étudient successivement l'air et les climats, les aliments, les boissons, les habitations et le vêtement, la profession et les sports, et enfin les soins de la première enfance. Toutes ces notions, très simples, et surtout faciles et peu coûteuses à appliquer, font de l'ouvrage du Dr Plicque un livre excellent pour la lutte de plus en plus nécessaire contre l'alcoolisme et les maladies contagieuses. Cette lutte sera longue, car il faut réagir contre des habitudes et souvent des routines invétérées depuis de longues années. Aussi c'est en multipliant ces sortes d'ouvrages et en répétant sans relâche les mêmes conseils sous des formes différentes que l'on arrive peu à peu à obtenir des résultats durables.

Georges Courtois.

(1) Un vol. in-8° 135×110 de xv-158 pages, avec 1 tableau en couleur et 35 fig. — Paris, Plon, Nourrit et Cie, 1902. — Prix cartonné : 2 fr.

Génie Rural. — Constructions rurales et Machines agricoles, par S. Philibert, suivi de l'**Art du Géomètre rural** (1), par O. Roux.

Cet ouvrage est divisé en trois parties : Constructions rurales, Machines agricoles, Art du Géomètre rural.

Les constructions rurales comprennent l'étude des habitations, du logement des animaux et des récoltes avec leurs annexes indispensables. Choix de l'emplacement, choix des matériaux, aménagements divers suivant l'importance des exploitations, tout cela est très clair, très pratique, et la question hygiénique, si souvent négligée dans les campagnes est très étudiée. Nous regrettons seulement de ne pas trouver quelques indications sur le jardin indispensable à toute habitation rurale, de même l'auteur qui a eu soin de donner les articles du Code, les décrets et les arrêtés principaux pouvant être utiles aux propriétaires, a passé sous silence la réglementation des murs mitoyens et des servitudes diverses, droits de passage, etc., qui sont à la campagne le sujet de si fréquentes contestations.

Les machines agricoles qui forment la deuxième partie comprennent les machines pour la préparation du sol, son entretien et son ensemencement, la récolte des produits et leur transport, l'égrenage et le nettoyage des grains, les moteurs de toutes sortes, la préparation des grains, des fourrages et des racines, les appareils de laiterie, beurrerie, fromagerie, de préparation du vin et du cidre. L'auteur, ainsi qu'il le dit lui-même dans la préface, s'est beaucoup servi pour ce chapitre des travaux de M. Ringelmann. Toute cette partie se recommande par son ordre et sa clarté, chaque type de machine est bien décrit et soigneusement étudié ; son poids, ses conditions de fonctionnement, sa puissance, son rendement forment un tableau qui permet les comparaisons rapides ; aucun calcul mais une grande quantité de chiffres et de données pratiques.

La troisième partie est réservée à l'art du géomètre rural ; l'auteur M. Roux, entend par cette expression, l'arpentage, le partage des terres, le bornage et les abornements généraux trop peu usités. Suivant un judicieux conseil, le géomètre-arpenteur doit toujours être un agent de conciliation. S'il sait et s'il veut, il pourra éviter de nombreux procès ; dans ce but cette partie contient les principaux articles du Code civil, réglant les partages et les bornages, un grand nombre d'exemples et des indications sur les honoraires des experts. Un formulaire renfermant les modèles des actes les plus usuels termine le volume.

Cet ouvrage fort complet est orné d'un grand nombre de gravures très bien dessinées et la netteté de l'impression en rend la lecture facile.

Henri Chevalier.

(1) in-16, 185×125, de VIII-422 p. avec 331 fig. Paris, Veuve Ch. Dunod, 1902. Prix, relié : 10 *f.*

Étude pratique sur les différents systèmes d'éclairage (1). par MM. J. Defays et H. Pittet (collection de l'Encyclopédie des Aide-mémoire, publiée sous la direction de M. Léauté, membre de l'Institut. — Librairie Gauthier-Villars).

La librairie Gauthier-Villars vient de publier un nouveau volume de l'Encyclopédie scientifique des Aide-mémoire, consacré à une *Étude pratique sur les différents systémes d'éclairage*, par MM. J. Defays et H. Pittet, Ingénieurs civils, lauréats de la Société Industrielle du Nord de la France.

Le but que se sont proposé les auteurs est de permettre à un industriel, à une municipalité, à un particulier de faire, dans les diverses circonstances qui se présentent dans la pratique, un choix judicieux du système d'éclairage le plus convenable.

Après avoir rappelé brièvement les progrès considérables de l'éclairage artificiel dans ces dernières années, les auteurs, dans des tableaux synoptiques qui résument clairement le texte, ramènent à trois grandes classes principales, les diverses variétés de systèmes de production de la lumière. Des tableaux analogues mettent bien en évidence les qualités demandées à un éclairage, savoir : l'*économie*, tant au point de vue de l'installation que de l'exploitation; la *sécurité*, aussi bien lors de la production qu'au moment de l'emploi; et la *beauté* de la lumière à obtenir. Enfin, les cas d'emploi des divers systèmes d'éclairage, fixe ou mobile, public ou particulier, à la ville ou à la campagne, sont aussi catalogués dans un dernier tableau synoptique.

L'étude et le rapprochement de ces trois groupes de tableaux permettent, pour les divers cas qui se présentent, de trouver aisément les solutions pratiquement susceptibles de convenir le mieux au cas considéré.

Après ces considérations, les auteurs consacrent successivement des chapitres spéciaux au gaz, à l'acétylène, au pétrole, à l'alcool et à l'électricité. Dans cette étude, toute idée de recherche scientifique proprement dite a été écartée; le but pratique seul est considéré. Après avoir rappelé les principales propriétés physiques et chimiques des corps ou des phénomènes qui sont la base de ces divers systèmes d'éclairage, les auteurs indiquent respectivement, pour chacun d'eux, les divers procédés de production, et enfin ils étudient les divers modes d'emploi. Des considérations exposées dans ces chapitres sont déduits les avantages et les inconvénients de chaque système.

En possession de ces renseignements. un industriel peut donc aisément discuter les propositions qui lui sont faites pour le choix d'un système d'éclairage, établir ou vérifier plus sûrement les devis d'installation, prévoir les dépenses d'exploitation, et être édifié sur le degré de sécurité et les avantages au point de vue de l'éclairement et de la beauté de la lumière qu'il peut attendre du système choisi.

En résumé, cet ouvrage, par sa division claire et méthodique, par les

(1) In-8°, 190 × 120 de 171 p. Gauthier-Villars, Masson et Cie, Paris. — Prix broché : 2 *f* 50.

nombreux renseignements pratiques qu'il renferme malgré sa concision, est appelé à rendre de grands services à toutes les personnes qui ont à s'occuper d'installations d'éclairage public ou privé.

E. Biard.

Scientia. — *Exposé et développement des questions scientifiques à l'ordre du jour* (1).

Sous le nom générique de « Scientia » la librairie C. Naud a commencé récemment la publication d'une suite de petits volumes intéressants.

La série physico-mathématique, éditée à ce jour, comprend déjà 18 monographies traitant des sujets les plus divers, et établies en partant du principe suivant :

« Montrer le rôle actuel et futur de telle ou telle acquisition scientifique, l'équilibre qu'elle détruit ou établit, la direction qu'elle imprime aux idées connues et acceptées, les horizons qu'elle ouvre, la somme de progrès qu'elle représente ».

Sous une forme résumée, ces publications sont de nature à mettre en évidence, par un exposé philosophique et documenté des découvertes récentes, les idées générales directrices et les variations de l'évolution scientifique actuelle.

Ve SECTION

Formules et tables pour le calcul des conducteurs aériens (1), par F. Loppé.

Les tables et les courbes, qui constituent la partie la plus importante de cet ouvrage sont précédées de considérations générales résumées sur :

La résistance électrique et l'échauffement des conducteurs;

La détermination de l'inductance des lignes aériennes;

La détermination des portées de lignes aériennes ;

L'influence de la variation de la température et de l'effort par mètre courant sur les conducteurs aériens ;

Les différentes conditions d'établissement des lignes aériennes.

Les tables sont relatives :

A la transformation des mesures anglaises en mesures françaises;

Aux jauges et diamètres en millimètres des fils ;

Aux unités de résistance ;

Aux poids des fils de cuivre, de fer et d'aluminium ;

(1) 18 volumes in-8° 200 × 230, d'environ 70 pages. C. Naud, éditeur, 3, rue Racine.

(1) In-8°. 280 × 190 de 104 p. avec 28 figures. Paris. E. Bernard et Cie 1902. Prix broché : 5 *f*.

A la résistance et à la conductance des fils en métal de résistivité un et en cuivre normal ;

A la résistivité des bronzes ;

Au coefficient de température ;

A la tension simple dans un circuit triphasé en fonction de la tension composée ;

A la section en millimètres carrés d'un conducteur de 1 *km* de longueur parcouru par un courant de 1 ampère pour une chute de tension donnée en volts ;

A l'intensité d'un courant alternatif simple pour une puissance de 1 kilowatt en fonction du facteur de puissance ;

A l'inductance des lignes parallèles ;

Aux diamètres des câbles en fonction des fils qui les composent ;

Aux flèches des lignes en fonction de la température et de la direction du vent ;

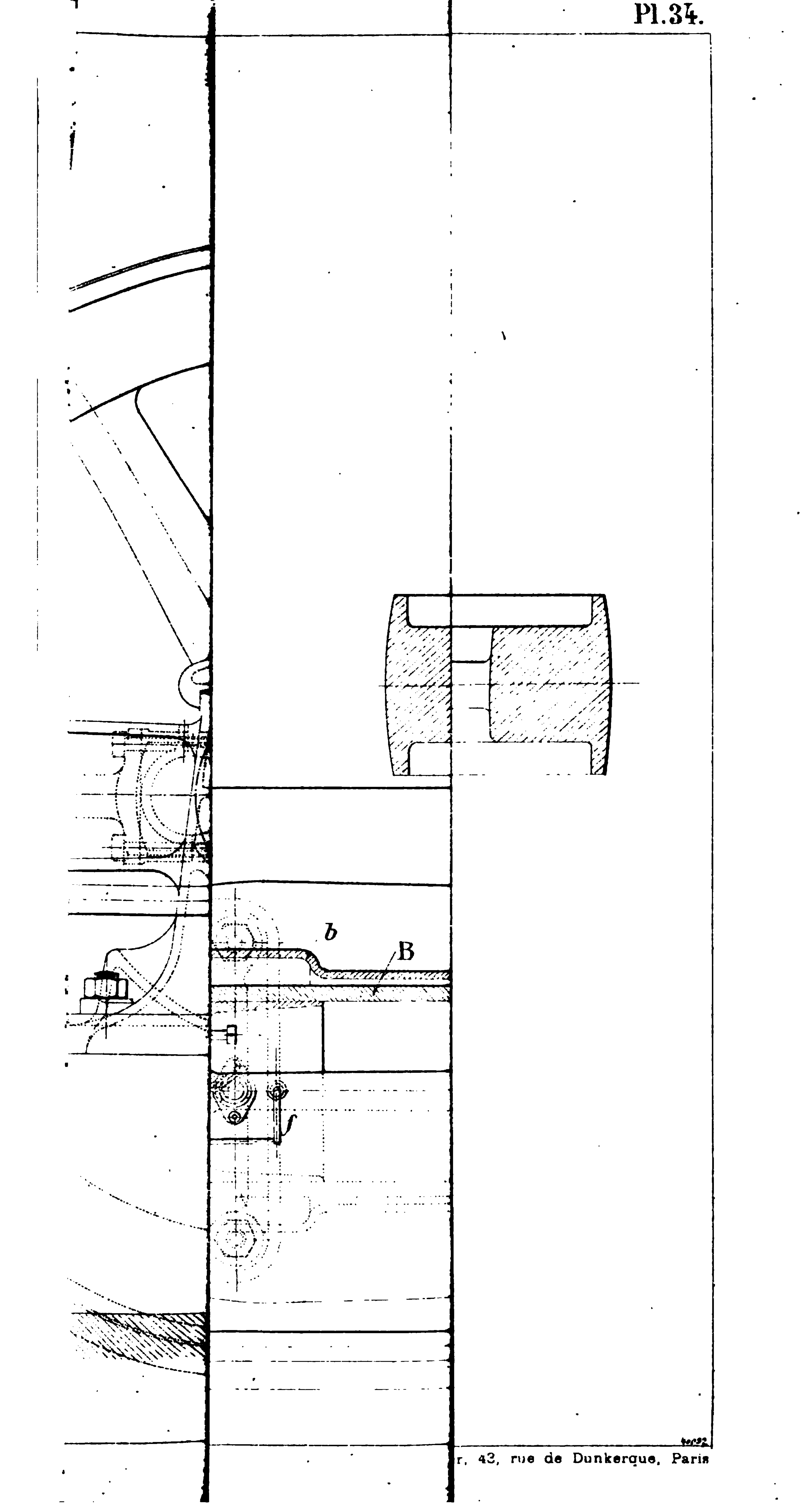
Aux efforts dans les mêmes conditions ;

Aux lignes en pente.

Une série de courbes donne l'image des variations continues de plusieurs des fonctions étudiées dans l'ouvrage.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 14740-7-02. — (Encre Lorilleux).



r, 43, rue de Dunkerque, Paris

t

Echappement

V

d

Arrivée d'air

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

SEPTEMBRE 1902

N° 9

RAPPORT

SUR LE

CONGRÈS DES HABITATIONS A BON MARCHÉ

DE DUSSELDORF

PAR

M. E. CACHEUX

Le Congrès des Habitations à bon marché, qui s'est réuni à Dusseldorf, du lundi 16 juin au jeudi suivant, a été fort intéressant. Près de 600 personnes ont participé à ses travaux. Le Gouvernement allemand ayant invité officiellement les autres nations à s'y faire représenter, la plupart des pays de l'Europe y envoyèrent des délégués. Parmi les Français qui ont assisté aux séances du Congrès, nous citerons M. Cheysson, délégué du Ministère des Travaux publics, M. le sénateur Strauss, M. le député Siegfried, M. Baulez, délégué du Comité départemental des Habitations à bon marché de la Seine, M. Blondel, délégué du Musée Social. En vue de démontrer l'intérêt qu'il prenait à l'amélioration du logement, M. le Ministre du Commerce prussien assista à la dernière séance du Congrès et il déclara aux Congressistes que l'on pourrait toujours compter sur lui pour encourager la construction de petits logements convenables. Hâtons-nous de dire que, par suite du développement extraordinaire que prennent les villes allemandes, la question du logement des travailleurs est très difficile à résoudre et qu'elle l'est plus que dans notre pays, où les industriels logent leurs ouvriers et où l'on trouve des capitalistes qui se contentent d'un intérêt de 4 0/0 l'an pour leurs fonds engagés dans la construction de petits logements, car, ainsi que nous l'a affirmé M. le conseiller Brandts, président de la Fédération rhénane des Sociétés d'Habitations ouvrières, il n'en est pas de même en Allemagne et il est indispensable d'avoir recours à l'État, aux communes, aux corps constitués et aux Sociétés coopératives pour arriver à mettre à la disposition des travailleurs les logements dont ils ont besoin. Le programme des travaux du Congrès comprenait les trois questions suivantes :

I. — Influence du prix du terrain, de celui des constructions et de la valeur des impôts sur celle du loyer;

II. — Action des intéressés dans la construction des habitations à bon marché;

III. — Intervention de l'État, des communes, des corps constitués et des institutions officielles dans la question des habitations à bon marché.

En dehors d'une trentaine de mémoires se rapportant aux questions énoncées ci-dessus, il parvint au Comité d'organisation une dizaine de rapports qui donnèrent des renseignements très complets sur l'état des petits logements en Angleterre, en Autriche, aux États-Unis, en Danemark et en Suède.

Trois rapporteurs résumèrent les idées exprimées dans les mémoires qui concernaient les questions posées par le Comité d'organisation et leurs rapports furent suivis de discussions très nourries auxquelles prirent part un grand nombre de notabilités. Le Congrès ayant décidé qu'il ne serait pas voté de vœux, nous nous contenterons d'en résumer les travaux.

Action de l'État.

L'État prussien a largement fait son devoir dans la question des petits logements; en qualité de patron, il loge beaucoup d'ouvriers et de petits employés qui sont à son service. Après avoir employé tous les moyens possibles pour loger convenablement les ouvriers des mines, il a mis une somme de 32 millions de marcs à la disposition des Sociétés de construction d'habitations à bon marché formées entre ses employés de chemin de fer et ceux de ses divers ministères.

Le Gouvernement bavarois a suivi le même exemple en affectant une somme de six millions de marcs au même emploi.

Le Gouvernement autorise les Caisses d'épargne, les Caisses d'invalidité et de retraite et les Sociétés d'assurances à employer une partie de leurs réserves à favoriser la construction d'habitations à bon marché.

L'État a promulgué une loi sur l'hygiène publique qui donne toute latitude aux communes pour démolir les maisons qui constituent des foyers d'insalubrité.

J'ai fait remarquer aux membres du Congrès que vers le milieu du XVIII[e] siècle, la France et notamment Paris ont souffert

du même mal que la Prusse rhénane; le Gouvernement français a décidé l'emploi d'une somme de dix millions pour l'amélioration des petits logements; il construisit lui-même, pour les faire servir de modèles, dix-sept maisons qui lui revinrent à deux millions et il distribua deux autres millions à titre de subvention d'un tiers de la dépense à des constructeurs de petits logements. L'emploi d'une somme de quatre millions suffit pour diminuer l'intensité de la crise des petits logements, car le Gouvernement, ne recevant plus de demandes de capitaux en vue de construire des habitations ouvrières, employa les six millions, qui restaient de la somme votée à cet effet, à la construction des hospices de Vincennes et du Vésinet.

En Angleterre, le Gouvernement a également mis de l'argent au taux réduit de 3 0/0 à 3,50 0/0 à la disposition des constructeurs d'habitations ouvrières; mais ces derniers, après avoir utilisé une quarantaine de millions de francs ont cessé d'avoir recours au trésor de l'État.

Après étude approfondie de la manière dont l'État pouvait intervenir utilement dans la question des petits logements, le Gouvernement français s'est arrêté à la promulgation de la loi du 30 novembre 1894, dite loi Siegfried, dont le but est de mettre à la disposition des constructeurs de petits logements de l'argent à un taux réduit.

Par suite du prix élevé de revient des habitations pour une famille; la loi n'a pas encore donné tous les résultats qu'on en espérait, c'est pourquoi M. le sénateur Strauss a déposé un projet de modification de la loi, qui, s'il était adopté, permettrait à un grand nombre de Sociétés d'habitations à bon marché d'obtenir de l'argent à bon marché. Nous aurions voulu voir introduire dans le projet de loi de M. Strauss un article disant que le bénéfice de la loi ne serait appliqué qu'aux maisons qui satisferaient aux conditions de la loi sur la santé publique qui vient d'être promulguée, mais nous n'avons pas pu réussir à faire modifier le projet de loi déposé, quoique la Société française d'hygiène en eût exprimé le vœu.

Nous verrions avec satisfaction l'État français suivre l'exemple donné par le Gouvernement anglais, c'est-à-dire mettre à la disposition des communes qui voudraient exécuter des travaux relatifs à la viabilité, à la fourniture d'eau potable, à l'évacuation des eaux ménagères, de l'argent à un taux réduit.

Le jour où il serait mis à la disposition des constructeurs

d'habitations ouvrières du terrain dans de bonnes conditions et de l'argent à un taux ne dépassant pas celui de la rente, ni l'État, ni les communes n'auront besoin de s'occuper de la construction de petits logements, pas plus pour loger leurs employés que les autres travailleurs.

Action des communes.

Les communes allemandes ont beaucoup fait pour améliorer les petits logements. Après avoir reconnu la gravité des maux causés par le mauvais état des habitations ouvrières, elles ont établi, par la statistique, le nombre de pièces qu'il faudrait pour loger convenablement non seulement les enfants de leurs habitants, mais encore les émigrants qui venaient s'installer dans leurs enceintes, puis elles ont employé les moyens les plus divers pour provoquer la construction de ces logements. Quelques communes ont donné ou vendu à prix réduit du terrain à des Sociétés de construction; d'autres ont souscrit des actions de Sociétés de construction, leur ont fait des avances d'argent à un taux peu élevé, ou consenti des réductions sur les impôts, les taxes de voirie; enfin, quand elles ne parvenaient pas à décider l'initiative privée à construire des petits logements, elles bâtissaient pour leur compte.

Disons toutefois que la majeure partie des Conseils municipaux renoncent à faire construire pour le compte de la ville qu'ils administrent et qu'ils cherchent simplement à provoquer la création de Sociétés d'utilité publique qui se chargent de mettre à la disposition des travailleurs des logements convenables.

En Allemagne, le prix du terrain a considérablement augmenté dans les villes, c'est pourquoi on a longuement discuté à Dusseldorf sur la marche à suivre pour entraver la spéculation sur le sol. Beaucoup de Congressistes étaient d'avis de taxer les propriétaires des terrains qui attendent tranquillement pour les vendre que la rareté des emplacements à bâtir force les constructeurs à les payer très cher.

D'autres amis de la réglementation ont réclamé la promulgation de règlements sévères relatifs à la construction; ils ont demandé que la surface du terrain affecté à la construction ne soit qu'une petite fraction de celle de la propriété ; que le nombre des étages en construction fût diminué ; que les quartiers

centraux des villes soient reliés aux faubourgs par des moyens de communication rapides et à bon marché, etc.

Dans les nouveaux quartiers des villes allemandes que nous avons visités, nous avons trouvé que l'aspect extérieur des maisons était très satisfaisant, les rues y ont été mises en état de viabilité à peu de frais et établies d'autant plus économiquement que la circulation y était moins active. Dans un certain nombre de villes, à Francfort notamment, on a divisé la ville en zones qui sont régies par des règlements spéciaux de construction. Il y existe des quartiers pour les villas, pour les usines, pour les maisons à étages et l'on n'y voit pas des maisons à toute hauteur écraser des hôtels comme dans nos quartiers parisiens, où la maison à toute hauteur s'implante partout.

Nous n'avons pas eu de peine à démontrer que la Ville de Paris n'était pas restée en arrière au point de vue de la réglementation. La statistique municipale parisienne est très bien organisée et grâce à elle on peut parfaitement se rendre compte du nombre de petits logements vacants dans les divers quartiers de Paris ; on obtient également par la statistique des décès des indications précieuses sur la situation des foyers d'insalubrité.

Grâce au casier sanitaire que possède chaque maison, il est facile de découvrir les endroits où prennent naissance les maladies épidémiques.

La municipalité parisienne a résolu le problème de forcer les propriétaires de terrain dans Paris à indemniser la ville des sacrifices qu'elle fait en établissant des rues, car elle se fait rembourser par chaque riverain non seulement les frais de viabilité, mais encore les dépenses d'entretien par la taxe sur le balayage. Tout récemment, pour entraver l'action des spéculateurs qui veulent trop gagner sur la revente de leurs terrains, la Ville de Paris a imposé les terrains non bâtis qui se trouvent dans son enceinte. La Ville de Paris n'a pas démoli des quartiers entiers comme l'a fait le (London County Council) Conseil de Comté de Londres pour supprimer des habitations insalubres et les remplacer par autant de logements sains, mais elle a effectué de grands percements et fait disparaître beaucoup de taudis. Dans les villes allemandes, on commence à désencombrer l'intérieur des villes. On remplace les fortifications par des larges boulevards sur lesquels sont branchées des rues établies très économiquement de façon à ne pas trop élever le prix des terrains qu'elles desservent et à pouvoir les affecter à la construction des habita-

tions à bon marché. Jusqu'à présent, la Ville de Hambourg seule a démoli un quartier d'une certaine étendue, et elle a dépensé pour faire cette opération une dizaine de millions.

Nous regrettons de n'avoir pas obtenu, à Dusseldorf, des renseignements sur ce qui a été fait par les municipalités italiennes pour assainir leurs quartiers encombrés.

En Allemagne, les Caisses de retraites et d'invalidité font beaucoup d'avances aux constructeurs d'habitations ouvrières ; elles leur ont prêté jusqu'à présent plus de cent millions de marcs. Les Caisses d'épargne sont, en général, hostiles à l'idée de confier leurs fonds à des propriétaires de petits logements. Quelques-unes ont consenti des emprunts à des Sociétés d'utilité publique qui obtenaient la garantie du département, mais les sommes prêtées sont loin d'avoir l'importance de celles qui ont été affectées par la Caisse royale de Belgique à la construction de petits logements. M. O. Lepreux, directeur de la Caisse d'épargne de Belgique, le dévoué continuateur du regretté Mahillon, annonça aux membres du Congrès que plus de 40 millions de francs avaient été prêtés par l'établissement qu'il dirige, à des Société de construction d'habitations ouvrières. Il faut dire qu'en Belgique, le prix d'une habitation pour une famille varie de 1 500 à 4 000 *f*, et, comme la Caisse d'épargne prête au taux réduit de 3 0/0, on comprend qu'on puisse y appliquer le système de rendre l'habitant propriétaire de son habitation par le paiement d'une annuité ne dépassant pas sensiblement le prix du loyer d'un logement de surface équivalente. C'est grâce également aux faveurs accordées aux acquéreurs qui s'assurent sur la vie, que la Caisse d'épargne a pu obtenir un grand nombre de polices d'assurances.

Les Sociétés d'assurances contre l'incendie ne tiennent pas à engager leurs fonds dans des opérations relatives aux habitations à bon marché, pas plus en Allemagne qu'en France.

En France, les Caisses d'épargne sont peu disposées à profiter des dispositions de la loi qui leur permettent de placer des fonds en valeurs immobilières garanties par des habitations à bon marché; néanmoins, plusieurs d'entre elles ont fait des opérations qui peuvent servir de modèles. La Caisse d'épargne de Lyon a souscrit deux mille (2 000) actions de 500 *f* de la Société immobilière Lyonnaise des petits logements, si habilement dirigée par notre Collègue, M. Mangini. Depuis la création de la Société, les actionnaires touchent 4 0/0 de dividende; par suite, la Caisse

d'épargne, en souscrivant des actions, a fait un excellent placement. La Caisse d'épargne de Marseille, grâce à M. Rostand, a fait toutes les opérations relatives aux petits logements; la Caisse d'épargne de Chartres a démoli un quartier insalubre et l'a remplacé par une cité modèle.

Nous verrons toujours avec satisfaction des Caisses d'épargne profiter des occasions qui leur permettent de placer leurs capitaux à des taux supérieurs à ceux que donnent les valeurs dites de père de famille; malheureusement, les occasions de placement avantageux offertes par les Sociétés d'habitation à bon marché sont assez rares en France.

Sociétés coopératives formées entre ouvriers et petits employés.

Les Sociétés coopératives se prêtent merveilleusement aux opérations qui concernent les opérations immobilières surtout quand elles ont pour objet de rendre le locataire propriétaire de son habitation par le paiement de son loyer. On comprend que lorsqu'un certain nombre de personnes s'unissent en vue de se procurer une maison, elles peuvent obtenir terrain et construction au plus bas prix possible. En Angleterre, les Building Societies ont appliqué les épargnes des ouvriers à la construction de milliers de maisons, elles ont créé des villes dans des quartiers déserts, qui furent bientôt desservies par des chemins de fer. J'ai essayé de fonder à Paris des Building Societies, mais j'ai échoué, parce que le prix de revient des maisons pour une famille est trop élevé, et que jusque dans ces derniers temps il n'était pas possible d'obtenir de l'argent à bon marché pour construire des petits logements.

Nous avons dit que M. le sénateur Strauss avait déposé un projet de loi dans le but d'élever la limite du prix de revient des maisons susceptibles de bénéficier des avantages de la loi Siegfried du 30 novembre 1894 sur les habitations à bon marché. Dès que cette loi sera votée, nous espérons que nos coopérateurs français en profiteront pour suivre l'exemple donné par les étrangers. En France nous possédons plusieurs types de Sociétés coopératives immobilières. L'Union foncière de Reims, créée en 1870, fait les opérations des Building Societies; la Société coopérative du XVIII[e] arrondissement a construit une maison à étages

avec les bénéfices réalisés sur les ventes; le Coin du Feu, de Saint-Denis, transmet sans frais la possession d'une maison à ses membres, suivant la méthode inaugurée par la Pierre du Foyer, créée à Marseille par M. Rostand.

Hôtels meublés.

Parmi les questions diverses qui furent traitées en dehors de celles qui furent posées par le Comité d'organisation, nous citerons la construction d'hôtels meublés. M. Siegfried décrivit la maison meublée qui vient d'être inaugurée dernièrement par la Société philanthropique, et dans laquelle les jeunes filles et femmes seules trouvent soit des chambres, soit des cabinets, moyennant des prix fixés à 1 *f* par jour pour les premières et 0,60 *f* pour les secondes. Malheureusement, la Société philanthropique ne retire pas un intérêt suffisant des capitaux qu'elle a engagés dans la construction de l'hôtel, pour que nous puissions citer l'opération comme un modèle à suivre. Nous ne pouvons pas recommander non plus l'hôtel pour célibataires, contenant 90 chambres, construit par le Gouvernement français, rue Rondelet, parce qu'il ne donne pas de brillants résultats au point de vue pécuniaire, tandis que les hôtels pour hommes et pour femmes contenant 2 500 lits construits par la ville de Glasgow, donnent, depuis l'année 1865, un intérêt de 5 0/0; il en est de même des cinq Rowton House, dont les deux derniers contiennent chacun 800 lits. D'après les renseignements qui m'ont été fournis par M. le représentant officiel du gouvernement italien, à Dusseldorf, l'hôtel pour célibataires, de Milan, contenant 500 chambres, commence à donner des résultats, et ses fondateurs espèrent pouvoir bientôt distribuer des dividendes aux actionnaires. En Allemagne, beaucoup d'industriels ont construit des hôtels garnis; un certain nombre d'entre eux analogues aux hôtels garnis belges, dont nous avons donné les plans dans l'*Économiste pratique* (Hôtel Louise de Micheroux, Hôtel d'Ougrée); mais la plupart d'entre eux sont divisés en chambres pour quatre et jusqu'à vingt hommes et ne seraient pas fréquentés par des ouvriers qui ne dépendraient pas d'un patron.

Les séances du Congrès ont été complétées par des excursions qui avaient pour objet la visite de maisons ouvrières modèles.

Nous n'avons pas trouvé de types d'habitations meilleures que

les nôtres; néanmoins nous avons remarqué que dans les maisons à étages on disposait souvent des balcons pour permettre à la ménagère d'y faire sa lessive et des travaux qu'il est bon de faire à l'air libre. Plusieurs buanderies ont été établies dans des sous-sols, mais les locataires ne s'en servent pas; c'est pourquoi dans divers bâtiments à étages nous avons vu des lavoirs au dernier étage. Presque toujours les locataires de maisons à étages disposent de greniers et de caves.

Nous ne terminerons pas notre rapport sans parler de l'établissement de M. Krupp à Essen, qui a offert aux congressistes un repas copieux dans une salle de la brasserie de Cronenberg, après la visite qu'ils firent de diverses colonies ouvrières. M. Krupp, comme nos grands industriels, s'occupe beaucoup du bien-être de ses ouvriers : nous avons visité avec plaisir la colonie d'Altenhof, où les ouvriers retraités de l'usine d'Essen logent soit dans des maisons isolées, soit dans un hôtel garni. Les pensionnaires peuvent faire leur cuisine chez eux ou prendre leur repas dans une maison de convalescence qui fait partie de la colonie.

M. Krupp, comme beaucoup d'industriels allemands, a construit plusieurs hôtels garnis pour célibataires. Nous avons visité celui de Friedrichshof et nous l'avons trouvé très confortable.

Nous signalerons à nos collègues l'emploi que M. Krupp a fait de ses scories pour établir les routes qui desservent ses colonies. La plupart des établissements métallurgiques font des montagnes de scories à proximité des hauts fourneaux. M. Krupp, en utilisant les résidus avec intelligence, a pu établir des rues qui desservent des emplacements pour bâtir, qui ont acquis une certaine valeur.

En résumé, nous avons recueilli, dans notre voyage en Allemagne, des documents fort intéressants qui nous permettront de chercher à mettre à exécution le programme suivant :

1° Agrandissement de la zone de terrains à bâtir de nos villes encombrées, par la création de rues établies économiquement, mais permettant d'écouler les eaux ménagères;

2° Fourniture d'eau potable aux quartiers ouvriers;

3° Création de Sociétés d'ouvriers et d'employés ayant pour objet la construction d'habitations à bon marché.

Lorsque nous avons commencé, mon regretté maître Émile Muller et moi, à nous occuper de l'amélioration des petitslogements parisiens, notre appel au public fut peu entendu; mais il y a tout lieu d'espérer qu'il n'en sera plus de même aujourd'hui, car le noyau d'hommes qui s'occupent des habitations ouvrières a été fort augmenté, surtout depuis la création, par M. Siegfried, de la Société française des habitations à bon marché, à la suite du Congrès de 1889. Nous serions heureux de voir un grand nombre de nos collègues se joindre à nous pour nous aider à loger convenablement les travailleurs français non seulement dans les villes, mais encore dans les campagnes.

VAPEUR FLUVIAL A ROUES

LE “ BORGNIS-DESBORDES ”

NOTES SUR SA CONSTRUCTION

ET RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES A GREENOCK

PAR

M. Ch. VERRIER

Dimensions principales.

Coque.

Longueur entre perpendiculaires	44,20 *m*
Largeur maxima à la flottaison	6,71 *m*
Creux de fonçure au livet du pont	2,28 *m*
Tirant d'eau lège, chaudières pleines, bateau armé, sans provisions.	1,07 *m*
Déplacement correspondant.	210 m^3
Section immergée du maître-couple	7 m^2
Surface de flottaison	230 m^2

Machine.

Compound à 2 cylindres obliques juxtaposés avec condenseur à surface.	
Diamètre du piston à haute pression	0,457 *m*
— à basse pression	0,965 *m*
Course des pistons	1,067 *m*
Diamètre de pompe à air, double effet . . .	0,279 *m*
Diamètre de pompe de circulation, double effet	0,203 *m*
Course des dites pompes	0,533 *m*
Surface réfrigérante du condenseur	74 m^2

Roues.

Chaque roue a 8 pales articulées.

Diamètre à mi-hauteur de pales	3,050 *m*
Hauteur de pales	0,585 *m*
Longueur de pales.	1,830 *m*

Chaudières à vapeur.

Deux corps cylindriques à deux foyers intérieurs, tubes en retour, type marine. Timbre : 7 *kg*.

Diamètre moyen du corps	2,821 *m*
Longueur du corps.	2,440 *m*
Diamètre moyen des foyers.	0,838 *m*
Longueur de grille.	1,525 *m*
Nombre de tubes par corps	120
Diamètre extérieur des tubes	0,076 *m*
Longueur des tubes	1,600 *m*
Surface de chauffe tubulaire (1 corps). . .	46,68 *m*
Surface de chauffe totale (1 corps).	60,63 *m*
Surface de grille totale (1 corps)	2,55 *m*
Diamètre de cheminée (1 par corps)	0,838 *m*
Hauteur de cheminée au-dessus de la grille.	9,90 *m*

Expériences.

1° Expérience en route libre. — Au départ, le tirant d'eau au repos était :

Avant, 1,07; Arrière, 1,12; Moyen, 1,095.

On a fait, sur une base de 1 mile = 1 852 *m*, deux parcours dans les conditions ci-dessous :

Pression aux chaudières	Nombre de tours	Vide au condenseur	Ordonnée moyenne HP	Ordonnée moyenne BP	Travail HP	Travail BP	Travail total	Vitesse mesurée
kg		*cm*	*kg*	*kg*	*ch*	*ch*	*ch*	nœuds
5,9	53	64	»	»	»	»	»	11.28
6,6	54	64	4.63	1,15	182	207	389	11,25

Le travail moyen pendant les parcours a été calculé pour un nombre de tours de 52 par minute.

La vitesse moyenne est 11,265 nœuds.

Le calcul des constantes donnait les chiffres ci-dessous .

P étant l'ordonnée moyenne en kilogrammes par centimètre carré, N, le nombre de tours par minute.

$$\mathcal{E}_1 \text{ travail en chevaux HP} = 0{,}7774 \times P \times N;$$

$$\mathcal{E}_2 \text{ travail en chevaux BP} = 3{,}465 \times P \times N.$$

On a eu ainsi :

$$\mathcal{E}_1 = 0{,}7774 \times 4{,}63 \times 52 = 182 \ ch$$

$$\mathcal{E}_2 = 3{,}465 \times 1{,}15 \times 52 = 207 \ ch$$

Travail total. . . . 389 *ch*

Détermination de la valeur de m dans la formule $V = m\sqrt[3]{\frac{F}{B^2}}$.

m étant le coefficient d'utilisation du moteur, du propulseur et de l'influence des formes combinées.

La section du maître-couple au repos était 7,13 *m*, correspondant à 1,09 de tirant d'eau. On a :

$$11{,}265 \times m \times \sqrt[3]{\frac{389}{7{,}13}} = m \times \sqrt[3]{54{,}5},$$

d'où $$m = \frac{11{,}265}{\sqrt[3]{54{,}5}} = \frac{11{,}265}{3{,}79} = 2{,}97.$$

Dans ces conditions, l'immersion du bord inférieur de la pale, au repos, était de 0,410 *m*. Mais, en marche, la pale se trouvait entièrement immergée, étant sur le sommet ou très près du sommet de l'onde formée sur les flancs du bateau.

Détermination du recul et de l'effort de propulsion. — A 52 tours, la vitesse du centre des pales est :

$$V = \frac{52 \times 3{,}05 \times 3{,}14}{60} = 8{,}30 \, m \text{ par seconde.}$$

Le travail utile des aubes, dans le sens de la propulsion, peut être, d'après les expériences connues, de 0,70 du travail indiqué. L'effort au rayon moyen sera donc ainsi :

$$f = \frac{0{,}70 \times 389 \times 75}{8{,}30} = 2\,460 \ kg.$$

Le recul est la différence entre la vitesse de la pale et celle du bateau, et on a

$$V_1 = \frac{1\,852 \times 11{,}265}{3\,600} = 5{,}79\ m, \text{ vitesse de la pale,}$$

$$V - V_1 = 8{,}30 - 5{,}79 = 2{,}51\ m = 0{,}303 \times V.$$

Nous voyons ainsi que le recul est 0,30 de la vitesse de la pale à son centre, et que l'effort de propulsion du bateau est de 2460 *kg*, ce qui donne, par mêtre carré de section immergée, $\frac{2\,460}{7{,}13} = 345\ kg$, pour une vitesse de 5,79 *m* par seconde; d'où l'on déduit que la résistance par mètre carré du maître-couple pour la vitesse de 1 *m* par seconde $= \frac{345}{5{,}79^2} = \frac{345}{33{,}5}$, R = 10,30 *kg* étant admis que la résistance est proportionnelle au carré de la vitesse.

Nous voyons aussi que le travail utile de propulsion est $0{,}70 \times 0{,}70 = 0{,}49$ du travail indiqué, et que le travail perdu par le recul est $0{,}30 \times 0{,}70 = 0{,}21$ de ce même travail; enfin, que le rapport du travail perdu au travail utilisé est de 30 à 70.

2° Expérience au point fixe. — Mêmes tirants d'eau que pour l'expérience n° 1.

Pression aux chaudières	Pression au réservoir intermédiaire	Vide au condenseur	Nombre de tours	Ordonnée moyenne HP	Ordonnée moyenne BP	Travail HP	Travail BP	Travail total
kg	*kg*	*cm*		*kg*	*kg*	*ch*	*ch*	*ch*
7	2,2	38	32,5	»	»	»	»	»
7	2,1	54	32,5	»	»	»	»	»
7	2,1	57	34,5	»	»	»	»	»
7	2,1	58	35	»	»	»	»	»
7	2,1	58	36	4,52	1,765	128	220	348

Quel est, dans ces conditions, l'effort des pales?

Le travail des pales : $\mathfrak{T}_1 = 0{,}70 \times 348 = 243\ ch.$

La vitesse du centre des pales à 36 tours est v.

$$v = \frac{3{,}05 \times 3{,}14 \times 36}{60} = 5{,}74\ m,$$

$$f, \text{ effort des pales} = \frac{343 \times 75}{5{,}74} = 3\,175.$$

Il y a eu, pour obtenir 36 tours, une légère addition de vapeur à la boite à tiroir du cylindre basse pression, ce qui explique la différence de travail entre les deux cylindres.

La puissance de 300 *ch* indiqués correspond, d'après cette expérience, à 34,5 tours par minute, le travail étant proportionnel au cube du nombre de tours.

3° Expérience en remorquant. — On a remorqué trois chalands dont les dimensions et le port sont indiqués dans le tableau suivant. Le chargement était de 404 *t* réparties à peu près égament sur chacun d'eux.

		CALVIN	SALISBURY	GLADSTONE	TOTAUX
Longueur	*m*	20,40	21,50	21,42	»
Largeur	*m*	5,16	5,60	4,65	»
Creux	*m*	1,95	1,45	1,60	»
Capacité	*tx*	165	155	156	»
Tirant d'eau	*m*	1,60	1,25	1,35	»
Section maître-couple	m^2	7,50	6,50	6,00	20
Chargement	*tx*	145	134	125	404

Ces chalands sont de formes grosses aux extrémités.

Pour cette expérience, le *Borgnis-Desbordes* avait été amené aux tirants d'eau avant 1,15, arrière 1,25, moyen 1,20, afin de donner plus d'immersion aux pales. Le bord inférieur de celles-ci était immergé de 0,515 *m* au repos. Le maître-couple immergé avait une section de 7,83 *m*.

Les trois chalands étant remorqués en ligne par l'arrière, on a fait trois parcours sur le mile mesuré, dans les conditions du tableau ci-dessous :

	Pression aux chaudières	Pression au réservoir intermédiaire	Vide au condenseur	Nombre de tours	Ordonnée moyenne HP	Ordonnée moyenne BP	Travail HP	Travail BP	Travail total
	kg	*kg*	*cm*		*kg*	*kg*	*ch*	*ch*	*ch*
1er	7	1,5	55	44,5	»	»	»	»	»
2e	7	1,5	65	45	5,045	1,358	176	210	386
3e	7	1,5	65	45	»	»	»	»	»

Le temps et la vitesse pour les parcours ont été :

1er parcours	temps 10′ 28″	vitesse 5,73 nœuds
2e —	— 11′ 29″	— 5,20 —
3e —	— 10′ 28″	— 5,73 —

Moyenne vitesse, en prenant 2 fois le parcours intermédiaire, 5,465 nœuds.

Différentes manières de remorquer les trois chalands ensemble n'ont donné aucune différence appréciable, quant au résultat.

Détermination de la valeur de m (utilisation) :

1° Pour l'ensemble remorqueur et chaland;

2° Pour les chalands.

Détermination du recul et de l'effort de propulsion et de traction de l'ensemble, et des chalands. — Pour l'ensemble remorqueur et chalands, la somme des sections immergées des maîtres-couples $= 27{,}83\ m$, le travail indiqué 386 *ch*, la vitesse 5,465 nœuds, on a :

$$5{,}465 = m \times \sqrt[3]{\frac{386}{27{,}83}} = m \times \sqrt[3]{13{,}88}$$

d'où $$m = \frac{5{,}465}{\sqrt[3]{13{,}88}} = \frac{5{,}465}{2{,}41} = 2{,}26.$$

Afin de déterminer la valeur de m pour les chalands seuls, nous allons rechercher l'effort de propulsion propre du remorqueur, et celui qui est utilisé pour la remorque des trois chalands.

A 5,465 nœuds, la vitesse du bateau par seconde est v :

$$v = \frac{5{,}465 \times 1\,852}{3\,600} = 2{,}81\ m.$$

La résistance du remorqueur pour cette vitesse, pour une section immergée de 7,83 *m*, est R :

$$R = 7{,}83 \times 10{,}30\ kg \times \overline{2{,}81}^2 = 636\ kg,$$

proportionnelle à la section immergée et au carré de la vitesse par seconde; la résistance à l'unité de vitesse et de section ayant été trouvée plus haut 10,30 *kg*.

Le travail utile de propulsion absorbé par le remorqueur est :

$$\frac{636 \times 2,81}{75} = 23,83\ ch,$$

et le travail indiqué correspondant :

$$\mathfrak{T}^2 = \frac{636 \times 2,81}{75 \times 70} = 34\ ch,$$

pour un travail utile absorbé 23,83.

D'autre part, le travail des aubes, pour un travail indiqué de 386 *ch*, est :

$$0,70 \times 386 = 270,2.$$

La vitesse du centre des pales à 45 tours est :

$$\frac{45 \times 3,05 \times 3,14}{60} = 7,18\ m \text{ par seconde.}$$

L'effort des pales, égal à l'effort de propulsion du convoi, est :

$$\frac{270,2 \times 75}{7,18} = 2\,822\ kg.$$

Nous avons vu que l'effort de propulsion du remorqueur seul est 636 *kg*, l'effort de traction des trois chalands est donc :

$$2\,822 - 636 = 2\,186\ kg,$$

soit, par mètre carré de section :

$$\frac{2\,186}{20} = 109,3\ kg$$

pour une vitesse de 2,81 *m* par seconde. Il en résulte que la résistance des chalands, par mètre carré de section immergée et à l'unité de vitesse, est :

$$\frac{109,3}{2,81^2} = \frac{109,3}{7,89} = 13,85\ kg.$$

Nous déduirons de ces éléments : 1° le travail utilisé à la propulsion du remorqueur, celui utilisé à la remorque des trois chalands, et le travail perdu par le recul. Le total de ces trois quantités est : en chevaux sur les pales 270,2, et en chevaux

indiqués 386. Le travail propre au remorqueur 23,83 utile et 34 indiqué; le travail de remorque $\frac{2\,186 \times 2,81}{75} = 81,9$ *ch* utiles, correspondant à $\frac{81,9}{0,70} = 117$ *ch* indiqués. Le travail total utilisé est donc $81,9 + 23,83 = 105,73$, et indiqué 151 *ch*. Le travail perdu par le recul est de 235 *ch* indiqués.

Nous faisons ressortir ici l'inconvénient d'une faible immersion des pales pour une section résistante très étendue, et nous établissons les rapports suivants :

Si nous représentons par 100 le travail indiqué du moteur, en remorquant trois chalands, nous aurons :

Pour le remorqueur.	8,85
Pour les trois chalands.	30,30
Travail total utilisé indiqué	39,15
Travail perdu par le recul.	60,85

Le recul linéaire, ou différence de vitesse entre le centre des pales et le convoi, est $7,18 - 2,81 = 4,37$ *m*, ou 61 0/0.

Valeurs de m. — Pour les chalands seuls, la fraction du travail indiqué employé pour les chalands est proportionnelle à l'effort propre de ces chalands comparé à l'effort total de propulsion, soit $\frac{2\,186}{2\,822} = 0,775$, soit donc $0,775 \times 386 = 299$ *ch* indiqués.

Nous aurons :

$$5,465 = m \times \sqrt[3]{\frac{299}{20}} = m \times \sqrt[3]{14,95}$$

d'où

$$m = \frac{5,465}{\sqrt[3]{14,95}} = \frac{5,465}{2,46} = 2,22.$$

4[e] Expérience. — En remorquant deux chalands seulement, les n[os] 1 et 3, ayant ensemble 13,50 *m* de section immergée.

Le remorqueur a été chargé de manière à augmenter l'immersion des pales; le tirant d'eau a été amené à 1,25 avant, 1,30 arrière, moyen 1,275; l'immersion du bord inférieur de la pale au repos a été de 0,590 *m*; la section immergée du remorqueur 8,33 *m*.

Les conditions de deux parcours sur le mile mesuré sont celles du tableau ci-après :

Pression aux chaudières	Pression au réservoir intermédiaire	Vide au condenseur	Nombre de tours	Ordonnée HP	Ordonnée BP	Travail indiqué HP	Travail indiqué BP	Travail total	Temps du parcours	Vitesse
kg	kg	cm		kg	kg	ch	ch	ch		nœuds
7	1,5	65	48	»	»	178	212	390	9'16"	6,474
7	1,5	65	48,5	»	»	»	»	»	9'32"	6,290
				Vitesse moyenne.						6,382

La section totale immergée des maîtres-couples est 21,83 *m*.

Recul et efforts de propulsion; valeurs de m. — A 6,382 nœuds, la vitesse du convoi par seconde est v :

$$v = \frac{6{,}382 \times 1\,852}{3\,600} = 3{,}28\ m.$$

La vitesse du centre des pales par seconde est :

$$\frac{3{,}05 \times 48 \times 3{,}14}{60} = 7{,}66 = V.$$

$$V - v = 7{,}66 - 3{,}28 = 4{,}38,$$

soit 0,575 de la vitesse du centre des pales.

L'effort des pales, égal à l'effort de propulsion, est :

$$f = \frac{390 \times 75 \times 0{,}70}{7{,}66} = 2\,673\ kg.$$

La fraction de cet effort, absorbée par le remorqueur, sera déterminée en multipliant l'effort à 1 *m* de vitesse pour 1 *m* de section par le carré de la vitesse, 3,28 *m* × la section. On aura :

$$f_1 = 10{,}30 \times \overline{3{,}28}^2 \times 8{,}33 = 918\ kg.$$

L'effort de propulsion ou de traction des deux chalands sera :

$$2\,673 - 918 = 1\,755\ kg,$$

l'effort par mètre carré de maître-couple des chalands est :

$$\frac{1\,755}{13{,}50} = 130\ kg,$$

et, pour l'unité de vitesse, cet effort ou résistance R des chalands est :

$$\frac{130}{3{,}28^2} = 12{,}1 \; kg.$$

La résistance ainsi déterminée 12,1 *kg* est un peu au-dessous de celle 13,85 *kg* trouvée pour le cas de trois chalands, parce que, avec deux, on avait une route mieux suivie qu'avec trois; nous avons vu, en effet, le troisième chaland faisant des embardées très fortes, ce qui a affecté la vitesse et augmenté la résistance moyenne de chacun.

Le travail utile des aubes est, dans ce cas, $\mathcal{T}_t$:

$$\mathcal{T}_t = 0{,}70 \times 390 = 273 \; ch.$$

Le travail utilisé par le remorqueur seul :

$$\mathcal{T}_r = \frac{918 \times 3{,}28}{75} = 40{,}15 \; ch, \text{ pour } 57{,}2 \; ch \text{ indiqués.}$$

Le travail utilisé pour les chalands remorqués :

$$\mathcal{T}_r = \frac{1\,755 \times 3{,}28}{75} = 67{,}72 \; ch \text{ pour } 96{,}7 \; ch \text{ indiqués.}$$

Le travail perdu par le recul est la différence, soit 165,15 *ch* sur les pales et 236,1 indiqués, de sorte que si nous représentons par 100 le travail indiqué total de l'appareil moteur, nous aurons :

Pour le remorqueur	16,2
Pour les deux chalands.	24,3
Travail utilisé	40,5
Travail perdu par le recul	59,5

Valeurs de m. — 1° Pour l'ensemble remorqueur et chalands : section totale des maîtres-couples = 21,83 = B^2; puissance indiquée F = 390; vitesse 6,38 nœuds.

$$m = \frac{6{,}38}{\sqrt[3]{\frac{390}{21{,}83}}} = \frac{6{,}38}{\sqrt[3]{17{,}7}} = \frac{6{,}38}{2{,}61} = 2{,}44.$$

2° Pour les deux chalands seulement : puissance indiquée proportionnelle à l'effort qu'ils nécessitent,

$$F = 390 \times \frac{1\,755}{2\,673} = 257 \; ch,$$

surface de maître-couple = 13,50 ;

$$m = \frac{6{,}38}{\sqrt[3]{\frac{257}{13{,}5}}} = \frac{6{,}38}{\sqrt[3]{19}} = \frac{6{,}38}{2{,}67} = 2{,}389.$$

Le tableau ci-dessous résume les observations faites plus haut, dans les diverses circonstances des essais, au point de vue de l'utilisation de la puissance du moteur.

CONDITIONS DES EXPÉRIENCES	VALEUR DE m	TRAVAIL UTILISÉ	TRAVAIL PERDU
		0/0	0/0
En route libre	2,97	70	30
Remorqueur et 3 chalands . . .	2,26	39,15	60,85
Les 3 chalands	2,22	30,30	»
Remorqueur et 2 chalands . . .	2,44	40,5	59,5
Les 2 chalands	2,39	24,3	»

TURKESTAN ET BOUKHARIE[1]

PAR

M. E.-D. LEVAT (2)

Le Turkestan et la Boukharie sont des pays nés d'hier à peine. Nombreuses sont les personnes qui en ignorent la position exacte sur la carte du Continent Asiatique, plus nombreuses encore sont celles qui ne possèdent sur leurs ressources présentes et futures que des données superficielles. Aussi me paraît-il utile, avant d'entrer dans le vif du sujet, de donner une esquisse rapide résumant les données les plus essentielles à connaître sur ces régions considérées jadis comme lointaines, et qui sont en réalité désormais, d'un accès facile.

L'annexion graduelle à l'Empire de Russie de toutes les principautés ou Khanats de l'Asie Centrale, a amené dans ces pays, fermés jusqu'alors d'une manière complète à l'influence et à la civilisation européennes, une révolution économique et sociale dont il faut avoir été témoin pour s'en rendre compte. Chacun se rappelle, pour les avoir lus comme un roman passionnant, les récits du faux derviche, Arminius Wambery, les ruses qu'il employait pour visiter, déguisé en saint homme, les villes redoutées de Boukhara et de Samarcande, les dangers auxquels cette supercherie religieuse l'exposèrent à plusieurs reprises.

Cette odyssée date de quarante ans à peine.

L'Émir de Boukhara apparaît dans l'imagination de nombre de nos concitoyens comme un personnage évadé des récits de la sultane Shéhérazade, des Contes des Mille et une Nuits. Samarcande est toujours la Cité de Tamerlan. Telle est la limite ordinaire des connaissances de nos concitoyens en fait de géographie politique de l'Asie Centrale.

Toutes ces notions enfantines ont fait leur temps.

Aujourd'hui je vais parler du chemin de fer qui relie ces anciens centres de fanatisme au réseau européen et montrer des

(1) Planches 36 et 37.

(2) M. E.-D. Levat, Ingénieur civil des Mines, était le chef de la Mission Française envoyée, en 1902, au Turkestan et en Boukharie par le Ministère de l'Instruction Publique.

photographies de mines d'or, de gisements de charbon et de puits de pétrole, prises au cœur même d'un pays où on ne pouvait oser pénétrer il y a vingt ans, sans y risquer sa vie. Nous verrons aussi des reproductions de travaux hydrauliques faits par les Russes en vue du développement agricole de leurs nouveaux territoires, que ne désavoueraient pas nos plus modernes Ingénieurs agronomes.

Un fait qui démontre, d'une manière frappante, la rapidité avec laquelle se sont transformés ces pays d'Asie Centrale, au contact de l'influence russe, m'est fourni par les Annales de notre Société elle-même : Un de nos Collègues les plus justement estimés, M. l'Ingénieur Rubin, a publié dans le *Bulletin* de novembre 1876, il y a par conséquent juste vingt-six ans, une étude très documentée et très complète, intitulée : *Introduction à l'étude des communications entre l'Europe et l'Asie.* Les projets de de Lesseps, de Bogdanovitch et autres, relatifs au transsibérien étaient à cette époque, à l'ordre du jour, en tant que spéculations économiques, entrevues dans un lointain encore nuageux. C'est à présent une réalité : la navigation sur l'Amou-Daria, prédite par notre Collègue, est aussi un fait accompli *(Pl. 37, fig. 2).* Notre expédition a fait usage des bateaux affectés à ce service. Enfin, si la réunion des réseaux russes et anglais n'est pas encore accomplie à travers l'Afghanistan, j'ai lieu de penser que, suivant le mot favori des Orientaux, on peut en dire : Mektoub. C'est écrit!

Comment s'est produite cette transformation? quel est le plan d'ensemble qui a été suivi? par quels moyens financiers a-t-on atteint ces premiers résultats et poursuit-on cette œuvre grandiose? quel est enfin l'avenir réservé à ces contrées? tels sont les points principaux du sujet que je me propose de traiter.

La Conquête.

La prise de possession par les Russes des vastes territoires désignés sous le nom de Turkestan, peut être citée comme un modèle, tant au point de vue du ferme dessein politique qui l'ont déterminée que par les moyens employés pour sa réalisation. Nul n'ignore l'épopée glorieuse qui a accompagné le drapeau des Tzars sur les bords de l'Amou-Daria, rééditant ainsi, à plus de vingt-deux siècles d'intervalle, les hauts faits des armées d'Alexandre sur les bords du même fleuve, nommé l'Oxus à

cette époque. Les noms de Skobeleff et de Tcherniaieff sont restés comme personnifiant d'une manière éclatante cette période de conquête. Il est vraiment touchant de voir, chaque jour, à la station de Géok-tépé, les voyageurs descendre en foule pour aller visiter, avec un légitime orgueil, le camp retranché dans lequel Skobeleff anéantit d'un seul coup la puissance redoutée des pillards turkmènes, devenus depuis ce massacre mémorable, de loyaux et fidèles sujets. Un arrêt de dix minutes dans cette station permet, après avoir visité le petit musée où sont réunis les souvenirs de la bataille, d'aller contempler les restes de l'Arik (nom générique des canaux d'irrigation au Turkestan) qui desservait, à l'époque du siège, le camp des Turkmènes et que Skobeleff ne permit pas de couper, ne voulant pas recourir à ce procédé, qui ne cadrait pas avec son esprit chevaleresque, pour mettre à sa merci les 40 000 Turkmènes enfermés dans le camp retranché. Le résultat final fut le même pour les assiégés, car on ne leur fit pas de quartier, mais l'effet produit fut immense et définitif.

Ceci se passait en 1881.

A cette période de conquête a succédé immédiatement la création de la voie ferrée reliant la mer Caspienne au Turkestan et prenant à revers, en suivant la ligne des oasis, les zones désertiques et les steppes salées, lieux de refuge des Turkmènes pillards, qui venaient, de temps immémorial, piller les Sartes agriculteurs avec une régularité qui n'était égalée que par la couardise des exploités. Cette méthode, opposant la voie ferrée aux bandes de pillards des déserts, est bonne à méditer, car un rapprochement s'impose immédiatement à l'esprit entre les Turkmènes vis-à-vis des Russes et les Touaregs vis-à-vis des Français. Même appliquée sur une échelle restreinte en Algérie, que d'argent, de temps et de vies humaines n'aurions-nous pas économisé, si nous avions appuyé et consolidé, dès le début, notre conquête algérienne par la construction de la ligne intérieure Alger-Tunis, coupant le ravitaillement des Kabyles pillards dans l'arrière pays désertique.

Il faut dire à notre décharge que nous connaissions très mal les conditions de la vie dans notre nouvelle conquête, tandis que les Russes, admirablement renseignés sur les besoins de leurs adversaires, ont vu le point faible et frappé du premier coup à l'endroit sensible. La pacification a été obtenue avec le minimum de frais et de pertes de vies humaines.

Je pourrais, si j'en avais le temps, montrer comment la ligne russe de l'Asie Centrale, construite d'abord jusqu'à Samarcande, prolongée ensuite dans trois directions différentes : jusqu'à Tachkent, lieu de résidence du Gouverneur Général, jusqu'à Andidjan, centre principal de la culture du coton et jusqu'à Kouchka, à deux pas de cette clef de l'Afghanistan qui s'appelle Hérat, répond à elle seule à des buts multiples. Mais je tiens surtout à faire remarquer d'un coup d'œil sur la carte générale des chemins de fer russes construits en Asie (*Pl. 36, fig. 2*), cette disposition en parallèles successives, dirigées de l'ouest à l'est, et dont Vauban n'aurait pas désavoué le tracé. Au nord, le grand Transsibérien tenant en respect la frontière nord de la Chine, plus bas, vers le sud, la ligne du Turkestan se rapprochant du but et l'étreignant dans un réseau de voies ferrées à mailles de plus en plus serrées. L'avenir dira si la troisième parallèle n'est pas celle déjà construite par les Anglais, de l'autre côté de cette mince bande de territoire qui s'appelle l'Afghanistan, objet de tant de convoitises...

A la conquête par les armes s'est combinée une action diplomatique persévérante et bien guidée, qui a fait tomber peu à peu, entre les mains du Gouverneur Général du Turkestan : le Khanat de Khiva, sur les bords de la mer d'Aral; celui de Kokand, au cœur de l'Oasis du même nom; enfin, cette vaste province, la fameuse Bactriane qu'Alexandre le Grand estimait comme le joyau de sa conquête et dans laquelle il avait fixé sa résidence. Ce pays s'appelle, à l'heure actuelle, la Boukharie. Les Russes lui ont conservé sa physionomie particulière en en faisant un protectorat qui s'administre à ses propres frais; l'Émir de Boukhara jouit, en effet, d'un pouvoir effectif, direct, et sous le contrôle discret du résident russe de grade élevé, qui porte le nom peu compromettant d'Agent politique, et qui habite Boukhara. Seules les relations extérieures et les questions d'ordre militaire sont soumises à son contrôle absolu.

C'est ainsi que l'esprit politique des Russes, à la fois si fin et si persévérant, ne recule pas devant des solutions mixtes et qu'il ne considère pas l'annexion immédiate, avec les charges financières écrasantes qu'elle entraîne, comme une nécessité absolue pour que l'action politique et la domination effective aient leur plein et entier effet. Moins épris — j'allais dire moins esclaves — que nous des idées de généralisation à outrance, ils comprennent que, surtout avec les peuples arrivés déjà à un certain degré de

civilisation, le protectorat est une solution excellente qui ne heurte personne, qui respecte les situations acquises, et qui laisse agir le temps, ce grand pacificateur des hommes et des choses dont nos générations actuelles, surchauffées et pressées de vivre, méconnaissent la véritable valeur. Le système des protectorats n'a qu'un inconvénient, grave par le temps qui court, c'est qu'il ne crée qu'un très petit nombre de postes : quelques « Agents politiques » ou des Résidents en nombre limité, tandis que les annexions — nous en avons dans nos possessions nouvelles des preuves journalières — entraînent la constitution de cadres qui, quelque nombreux qu'ils soient, n'arrivent pas à assouvir les appétits de fonctionnarisme que toutes les mères de famille françaises possèdent à l'égard de leur progéniture. Je ne puis émettre ici que mes opinions personnelles, et la couverture de notre *Bulletin* rappelle chaque mois que « la Société n'est pas responsable des opinions de ses membres », mais je suis persuadé que je répondrai au désir intime de beaucoup en saisissant l'occasion qui se présente d'affirmer, une fois de plus, mes convictions à cet égard. C'est un véritable devoir et une réelle nécessité pour tous les hommes éclairés de réagir contre cet état d'esprit et de faire comprendre à notre jeunesse française que la seule liberté désirable est celle que procure une carrière réellement indépendante, active et productive, sans craindre les responsabilités qu'entraîne forcément cette magnifique qualité qui s'appelle l'initiative individuelle.

Les Chemins de fer.

Je viens d'esquisser rapidement, au point de vue général, les raisons qui ont guidé les Russes dans la construction du réseau de leurs chemins de fer asiatiques. J'arrive maintenant à la question de leur exécution et de leur exploitation.

L'année 1904 sera marquée par un grand événement dans l'histoire de ces chemins de fer. C'est à cette époque, en effet, que la ligne reliant Orenbourg à Tachkent, traversant en ligne droite sur une longueur de 2 300 *km* les immenses plaines salées occupées autrefois par la mer d'Aral, sera terminée.

Ce travail a été entrepris l'année passée.

Il est facile de voir immédiatement avec quelle rapidité cette construction aura été menée à bien. Il est juste d'ajouter que les

seules difficultés rencontrées sont d'un ordre spécial : ce sont des sables à traverser et à fixer et puis la question d'eau. Les Russes du temps d'Anenkoff ont déjà eu à vaincre ces ennemis spéciaux dans des conditions peut-être pires encore, quand il a fallu traverser les sables de l'Amou-Daria et de Karakoul. C'est néanmoins un spectacle peu banal que de voir construire dans de pareilles conditions une voie ferrée sur une longueur supérieure à la distance qui sépare Paris de Bucarest.

Les matériaux employés à la construction des chemins de fer russes doivent être exclusivement d'origine nationale, ce qui n'est que justice, dans ces temps de disette de commandes à répartir entre les différentes et trop nombreuses sociétés métallurgiques de la Russie d'Europe, dont l'éclosion aussi hâtive que surabondante a amené depuis deux ans la crise dont souffre, j'en suis sûr, un trop grand nombre de nos collègues.

Les entreprises de constructions se font par adjudication sur des lots d'environ 100 *km*. La loi ne permet pas, à juste titre, en Russie, d'accorder la construction, même par voie d'adjudication, à un seul et unique entrepreneur général ayant le droit de sous-traiter à son tour. Les prix servant de base aux adjudications sont fixés par le Contrôle des chemins de fer, organe spécial résidant à Pétersbourg et dont l'avis est souverain dans ces questions de frais de premier établissement.

Indépendamment de la voie proprement dite, rails et traverses, il faut porter sur place dans la plupart des cas, la chaux et surtout le ciment nécessaires pour les maçonneries que comportent les ouvrages d'art. La Société Française des Ciments de Gulindjick en expédie en ce moment de grandes quantités. Ces matériaux vont s'embarquer à Bakou, traversent la mer Caspienne et sont mis à terre à Krasnovodsk, tête de ligne du chemin de fer « Central Asiatique ». Ils sont expédiés, de là, par caravanes de chameaux à travers le désert jusqu'au point où ils doivent être utilisés.

Le régime des eaux dans ces pays désertiques est des plus irréguliers et varie d'une année à l'autre, de sorte qu'on est exposé à de nombreux mécomptes dans la fixation de la section d'écoulement à donner aux ouvrages d'art pour la traversée des lits des torrents, dont l'état normal est d'être à sec. Sur la ligne de Krasnovodsk à Tachkent, surtout dans la section de Krasnovodsk à Kizil-Arvat (315 *km*), les dommages occasionnés à la voie se reproduisent pour ainsi dire chaque année à la suite des orages,

très fréquents à la fin du printemps. A l'époque de mon passage, la circulation avait été interrompue pendant 48 heures par un événement de ce genre. Le pont emporté avait été construit primitivement avec une ouverture de 4 sagènes (environ 8 *m*). Reconstruit avec une ouverture double il était parti encore; enfin celui qui nous procura deux jours de retard, avait 16 sagènes d'ouverture (33,50 *m*). C'est, comme on le voit, l'application pour le calcul de la section d'écoulement des eaux, de la méthode expérimentale, combinée avec une progression géométrique dont la raison est de 2.

Les Russes ne s'émeuvent guère de ces petits ennuis, estimant à juste titre qu'avant tout, il faut passer. Le reste est une question d'entretien qui leur revient bon marché, grâce à leur organisation des régiments de chemins de fer qu'ils appliquent sur tous leurs nouveaux réseaux en Asie. Ils savent, d'ailleurs, lorsqu'il s'agit de la traversée de cours d'eau permanents, construire des ouvrages durables qui leur font le plus grand honneur. Un exemple célèbre est celui du pont sur l'Amou-Daria, illustré, lors de son inauguration, d'une manière incomparable par la plume de M. de Vogué. Il a été construit en bois par Anenkoff après la conquête; rapiécé et allongé depuis lors à plusieurs reprises, suivant les variations incessantes du lit même du fleuve. A l'heure actuelle il est remplacé par un beau pont métallique constitué par 25 travées de 60 *m* d'ouverture, soit en tout 1 500 *m* de longueur. Il a fallu, pour établir cet ouvrage définitif, fixer au moyen de digues longitudinales submersibles le lit mineur du cours d'eau et les figures 4 à 7 *(Pl. 36)* que j'emprunte à l'excellent ouvrage de mon ami M. l'Ingénieur en Chef des Voies et Communications Lokhtine, donnant l'hydrographie du fleuve, montrent clairement ce que je viens de dire à propos des changements du lit. On y voit, dans le courant de quatre années successives, les divers emplacements du lit du fleuve, alternativement comblé et déblayé par le cours capricieux des eaux.

Cet ouvrage a coûté 7 millions de roubles (18 620 000 *f*). La partie métallique de l'œuvre a été confiée à la Société de Briansk, bien connue par tous ceux qui suivent les affaires métallurgiques en Russie.

Le réseau des chemins de fer russes en Asie Centrale actuellement en exploitation est constitué de la manière suivante :

Branche centrale : partant du port de Krasnovodsk sur la mer Caspienne et aboutissant à Tachkent, capitale du Turkestan.

On rencontre successivement sur ce parcours les embranchements suivants :

Au kilomètre 897 (842 verstes) Merv, belle ville entourée d'oasis et d'irrigations importantes, empruntées au Mourgab, qui descend des montagnes de la Perse, centre des populations turkmènes. C'est de Merv que part la ligne qui unira, dans un temps plus ou moins rapproché, le réseau russe, d'une part avec le Golfe Persique et d'autre part par Hérat et Kaboul, au réseau des Indes. La ligne, qui a actuellement 311 *km* (292 verstes), aboutit à la frontière afghane, à Kouchka. On sait qu'elle a dû s'arrêter là, il y a peu de temps, par suite de considérations diplomatiques et l'on peut se rendre compte, en examinant la carte *(fig. 2, Pl. 36)*, de la faible distance qui sépare l'importante garnison russe de Kouchka de la ville afghane de Hérat, qui est, avec Kaboul, la route historique et naturelle tournant au Sud le massif impraticable de l'Hindoukouch pour passer des plaines Aralo-Caspiennes à celles qui s'étendent au Sud de l'Himalaya et que nous désignons sous le nom général d'Indes Anglaises.

Il faut remarquer, en même temps, la curieuse symétrie qui frappe l'œil, en examinant la carte d'ensemble de ces pays : à l'Ouest, Hérat, en relation imminente avec le chemin de fer russe de Kouchka; à l'Est, Kaboul, à deux pas de Peschawar, tête de ligne du réseau anglais des Indes. La bande qui sépare ces deux zones d'influence directe est bien mince et son propriétaire nominal, l'Émir de l'Afghanistan, reçoit officiellement de l'Angleterre des subsides importants. Il est vrai que, dans les pays orientaux, on ne donne de l'argent qu'à ceux qu'on redoute, c'est pourquoi les Russes ne subventionnent pas...

Sur tout le parcours entre Krasnovodsk, Merv, Kouchka, le chemin de fer russe suit à faible distance la frontière de Perse; près d'Askabad, cette distance est moindre que 6 *km*. C'est donc par cette ligne que s'évacuent tous les produits persans de la région, grains, cotons, soie, etc. ; or, rien ne prédispose mieux les peuples à l'amitié que de bons échanges commerciaux dans lesquels chacun trouve son profit.

Si l'on remarque, en outre, que la mer Caspienne, mer fermée et réservée exclusivement à la navigation sous pavillon russe, dessert toute la riche région comprise entre Téhéran et la mer ; qu'un service régulier de bateaux subventionnés y est installé, on se rend compte sans peine des puissants moyens d'attraction et d'infiltration dont dispose la Russie pour asseoir solidement

sa position dans tout ce grand quadrilatère qui s'appelle la Perse. C'est en passant à travers cette contrée qu'on aboutira directement au Golfe Persique, sans avoir besoin d'emprunter la grande ligne concurrente partant du Bosphore et accédant aussi, à travers la Mésopotamie, au Golfe Persique, ligne détenue par un autre puissant groupement politique européen.

Ainsi envisagée, la question des chemins de fer du Centre Asie prend une ampleur et une importance sur laquelle je n'ai pas besoin de m'appesantir. Je tiens surtout à faire remarquer que les Russes sont les seuls qui puissent étayer la création d'un réseau de voies ferrées dans ces pays-là sur l'énorme force que procure la colonisation, par des nationaux eux-mêmes, des régions ouvertes par le chemin de fer. Le ruban de fer vient, comme un hardi pionnier, jalonner la route sur laquelle s'établissent aussitôt des intérêts agricoles et, par conséquent, permanents, abrités eux aussi sous le drapeau russe.

C'est ce but que remplit admirablement la ligne dont je parle, surtout dans la portion du réseau qui fait suite à celle que nous venons de décrire.

Ce n'est, en effet, qu'après le passage de l'Amou-Daria que commencent les grandes oasis de Boukhara et de Samarcande, qui se continuent par la merveilleuse plaine du Ferganah à travers laquelle se développe la ligne du chemin de fer.

Je donnerai un peu plus loin quelques détails sur les irrigations de cette région, qui sont fort intéressantes, et qu'on est actuellement en train de développer considérablement.

Au kilomètre 1 170 (1 070 verstes) se trouve la station de Tchardjouy, tête du pont sur l'Amou-Daria. Après la traversée de ce grand fleuve, la ligne rencontre encore sur un certain parcours des dunes et des sables mouvants avant d'arriver à Boukhara, grande ville de 100 000 habitants, arrosée par des canaux dérivés du Zarafchan.

On compte de la Caspienne à Boukhara 1 260 *km* (1 182 verstes).

La station n'est pas située dans la ville même. A côté de la gare s'élève la nouvelle ville russe, reliée au vieux Boukhara par un petit tronçon de 12 verstes de longueur, construit aux frais de Son Altesse l'Émir et exploité par les Russes. C'est au Nouveau Boukhara qu'habite l'Agent Politique. Les Banques russes opérant dans le pays, notamment la Banque Impériale, y ont aussi établi le siège de leurs succursales.

C'est, d'ailleurs, une méthode que les Russes appliquent dans

toutes les nouvelles villes construites par eux dans les anciens centres habités par les indigènes. Au lieu d'y élever, à grands frais, des maisons modernes qui jurent avec la physionomie générale de la ville ancienne, et qui se trouvent forcément dans de déplorables conditions hygiéniques, on s'installe à côté et on laisse aux vieilles villes leur cachet et leur originalité propre.

De Boukhara à Samarcande, le chemin de fer suit la ligne des oasis arrosées par le Zarafchan. Cette dernière ville située à 1 508 *km* (1 415 verstes) de la Caspienne, conserve les restes de sa splendeur passée. Indépendamment des considérations artistiques et historiques qu'évoquent les monuments grandioses construits à l'époque du grand empire de Tamerlan, et que je ne puis aborder ici, il y aurait toute une étude technique, très intéressante à développer au sujet des procédés de construction employés par les architectes de l'époque.

Vu l'assez médiocre qualité des matériaux dont ils disposaient, ils ont réalisé des merveilles de grâce et de légèreté qui ont résisté jusqu'ici, tout au moins en partie, aux fréquents tremblements de terre dont ces pays sont le théâtre. Cette étude serait certainement digne d'être entreprise par ceux de nos Collègues qui s'occupent plus spécialement de ces questions, mais je dois me borner ici à la signaler à leur attention.

Au delà de Samarcande, la ligne entre franchement dans la province de Ferganah proprement dite et s'y développe jusqu'à la station terminus d'Andidjan en traversant les oasis célèbres de Khodjent, de Kokand et de Margellan. La ligne s'arrête à Andidjan à 2 037 *km* (1911 verstes) de la mer Caspienne. C'est déjà un beau ruban d'acier posé en Asie Centrale.

Kokand, ancienne capitale du Khanat de même nom, est la principale ville industrielle du Ferganah. Ses soieries, ses cuivres repoussés et ses cotons sont renommés. J'y ai trouvé plusieurs de nos concitoyens qui viennent chaque année y faire des achats de cocons pour des maisons lyonnaises.

Le commerce y est florissant : les chiffres de recettes de la station du chemin de fer, pour l'année 1901, sont éloquents à cet égard :

Recettes de la petite vitesse.	8 000 000 *f*
— des voyageurs.	532 000
ENSEMBLE	8 532 000 *f*

La population, qui est de plus de 100000 habitants, est en relation constante d'affaires avec le Karathégine et le Darvaz, provinces boukhares situées de l'autre côté des monts Alaï.

A la station de Tcherniaiévo, située à 1 701 *km* (1 605 verstes) de Krasnovodsk, se sépare, dans la direction du nord, l'embranchement de 151 *km* (142 verstes) de longueur, qui aboutit à Tachkent, capitale administrative et politique du Turkestan Russe, résidence de Sa Haute Excellence M. le Général Ivanoff, Gouverneur Général du Turkestan et dépendances. Les territoires sur lesquels s'étend l'autorité de ce haut fonctionnaire représente, en surface, à peu près six fois celle de notre pays et contiennent une population d'environ 15 millions d'âmes, appartenant aux races et aux religions les plus diverses.

En résumé, le réseau actuellement en exploitation se trouve constitué de la manière suivante :

	Kilom.	Verstes.
De Krasnovodsk à Tachkent. . .	1 862 1/4	1 747
De Tcherniaiévo à Andidjan. . . .	326 1/4	306
De Merv à Kouchka	311 1/4	292
Du Nouveau au Vieux Boukhara.	12 3/4	12
De Vladimirowka à Baskunhtchak	56 1/2	53
TOTAL.	2 569 »	2 410

Ce réseau, bien qu'important, présentait, tant au point de vue militaire que pour les services économiques qu'il est appelé à rendre dans l'avenir, un grave inconvénient : son isolement. Relié aux lignes européennes au moyen d'un transbordement à travers la mer Caspienne, il soumet obligatoirement les hommes et les choses aux retards, aux difficultés, aux encombrements qui accompagnent forcément les opérations de transbordement de terre à bord et du bord à terre, quelle que soit la durée de la traversée. Cette dernière est fort courte, car entre les deux ports, de Bakou à Krasnovodsk, on ne compte que 180 milles marins et la durée du voyage ne dépasse pas dix-huit heures *(Pl. 36, fig. 2)*.

En ce moment, le voyageur est surpris, sur l'un et l'autre bord de la mer Caspienne, par la vue d'une énorme accumulation de matériel roulant et de marchandises attendant leur tour d'expédition, ce qui indique clairement un état de surcharge dans les échanges commerciaux que la ligne de l'Asie Centrale est appelée à satisfaire. Nous verrons tout à l'heure, que cet engorgement,

surtout dans le sens de l'aller, c'est-à-dire de Krasnovodsk vers le Ferganah est aggravé par les nécessités occasionnées par les services obligatoires de l'exploitation, à savoir : tout d'abord le ravitaillement d'eau pour la boisson nécessaire aux stations établies dans les zones désertiques et ensuite, à cause surtout des transports de combustibles, car, jusqu'à présent, la totalité du réseau est alimentée au moyen du mazout (résidu de la distillation du pétrole) dont on croise des files interminables de wagons portant le précieux combustible enfermé dans de longues citernes cylindriques *(Pl. 36, fig. 1 et 2)*.

Le transport de combustible à grandes distances réduit d'autant le tonnage utile effectivement transportable par cette voie.

On a bien essayé de multiplier le nombre des trains dans les deux sens, en établissant des croisements entre les stations, surtout dans les parties où ces dernières sont raréfiées et où leur distance moyenne dépasse 25 *km*. On a créé ainsi des aiguillages intermédiaires, de façon à augmenter les points de croisement, mais tous ces palliatifs n'ont eu pour but que de faire attendre, sans trop crier, la solution véritable, qui consiste dans la création d'une seconde sortie dirigée vers le Nord-Ouest, reliant le réseau Central Asiatique avec le restant des lignes russes, sans avoir à franchir la mer Caspienne.

C'était évidemment une entreprise hardie et gigantesque, car la distance à franchir, pour relier Orenbourg à Tachkent n'est pas moindre que 2 300 *km*. On s'est mis au travail en 1901, et il est permis de penser que la communication sera établie dans le courant de 1904. Comme je l'ai déjà dit, on commencera par une exploitation un peu aléatoire, avec des travaux de parachèvement qui se feront en cours d'exploitation, mais on passera, comme cela se fait à présent, sur la ligne russo-chinoise, entre la Transbaïkalie et le Pacifique. J'insiste sur ce grand principe, qui doit régir toutes les lignes construites dans les pays neufs : passer d'abord sur des ouvrages de fortune et faire ensuite les travaux présentant un caractère définitif, en utilisant la ligne pour le transport des hommes et des matériaux. Dans les pays désertiques, où la question de la soif est la première à résoudre, cette méthode est la seule qui permette d'atteindre avec rapidité la solution du problème.

Il est inutile d'insister sur les avantages que présentera la ligne Orenbourg-Tachkent, dès qu'elle sera ouverte, et sur l'essor qu'elle donnera à l'influence russe, non seulement en Asie Cen-

trale, mais surtout au delà de ses frontières actuelles dans sa zone naturelle d'action que j'ai indiquée plus haut. Il sera possible, en cas de mobilisation, d'amener sur le réseau du Central Asiatique le matériel roulant et les machines nécessaires à la concentration des troupes et à leur ravitaillement dans des conditions de rapidité et de sécurité qu'aucune autre nation, intéressée dans les questions d'Extrême-Orient, ne peut espérer égaler à beaucoup près.

Au point de vue économique, la carte du réseau des chemins de fer russes en Europe et en Asie (*fig. 2, Pl. 36*), montre qu'on aura ainsi établi une connexion presque en ligne droite entre Tachkent et Moscou, qui est le véritable centre industriel de l'Empire russe. C'est là, en effet, que vient aboutir le principal produit qui s'exporte du Turkestan, c'est-à-dire le coton, ce qui va permettre aux Russes, dans un délai très court, de s'affranchir complètement du lourd tribut, payable en or, que les pays européens qui ne possèdent pas de colonies se prêtant à l'industrie du coton sont obligés de payer à l'Amérique et aux Indes pour se procurer cette matière première si indispensable à la vie courante de leurs populations.

Cette situation est à rapprocher de celle du Japon, qui a évidemment cherché, dans sa conquête de l'île de Formose, qui lui a été attribuée à la suite de la guerre sino-japonaise, le moyen de se procurer une colonie cotonnière pour s'affranchir, à son tour, des sorties d'or au profit de l'étranger.

Comme la culture du coton exige impérieusement l'emploi de l'irrigation, je lui consacrerai quelques explications complémentaires dans la partie de ma communication relative aux irrigations qu'on trouvera plus loin.

Je me contenterai, en ce moment, de faire ressortir l'influence de cette culture sur le trafic des chemins de fer existants et à créer. Elle joue, en effet, un rôle direct et double sur les recettes du réseau. Je m'explique :

Les terrains irrigués qui, seuls, je le répète, conviennent au coton, étaient occupés, avant que cette culture ait pris son développement actuel, par d'autres productions et, notamment, par celle du blé ; il s'ensuit qu'à l'accroissement de la production cotonnière correspond une diminution équivalente dans la production locale du blé au Turkestan. Il faut donc, pour combler ce déficit, importer de Russie les farines nécessaires à la consommation du pays. On voit immédiatement la répercussion

de cet état de choses sur le trafic du chemin de fer; cette culture produit un double courant de transports : du Turkestan vers la Russie, du coton, marchandise chère qui peut payer de bons tarifs et, en sens inverse, des grains et des farines nécessaires à la subsistance des populations. Les frêts de retour sont assurés.

Il est indubitable que ces besoins de céréales vont constamment aller en s'accroissant et qu'il arrivera un jour, qui n'est même pas éloigné, où il sera nécessaire de construire une troisième connexion entre le réseau Central Asiatique avec la ligne du Transsibérien pour aller se souder avec ce dernier à la gare de Taïga, près de Tomsk. En effet, l'évolution que je signale, et qui tend à transformer les provinces russes de l'Asie Centrale en consommateurs de blé, répondra à merveille aux besoins économiques de la Russie dans les années de surproduction, mais elle ne fera qu'aggraver la crise dans les années de sécheresse et de disette dont souffrent, d'une manière si terrible, certaines provinces purement agricoles du Sud de la Russie d'Europe.

Au contraire, les vastes plaines de la Sibérie méridionale, qui sont en ce moment le théâtre d'une immigration russe, si importante et si féconde, sont des réservoirs inépuisables de céréales, trop éloignées des ports ordinaires d'exportation des blés russes pour venir concurrencer efficacement ces derniers. Elles auront leur débouché naturel chez les populations du Turkestan qui trouvent dans des cultures autres que les céréales, une meilleure rémunération de leurs efforts.

Cette ligne, dont les bases sont déjà connues, et que suit déjà une route postale desservie par des courriers réguliers, s'embranchera à Tchemkent sur la ligne Taçhkent-Orenbourg et passera par Vierny, Semipalatinsk — où elle se mettra en communication avec l'important service de navigation à vapeur qui fonctionne déjà sur ce grand fleuve — et de là à Taïga et Tomsk. C'est un réseau d'environ 3 000 *km* de longueur, que les villes précitées divisent en trois tronçons d'à peu près 1 000 *km* chacun.

La connexion avec Semipalatinsk constituera déjà un état de choses très favorable pour amener au Turkestan les produits sibériens.

Chemin de fer projeté de Namangan à Kokand.

Un embranchement de 96 verstes de longueur, qui paraît devoir être entrepris d'ici à peu de temps. est celui qui est destiné à relier la ville de Namangan avec le centre de Kokand. Namangan, ville presque exclusivement sarte, située sur la rive droite de Sir Daria, compte 50 000 habitants. C'est un centre très important de culture de coton, arrosé par des canaux dérivés de la rivière Narine. Dores et déjà, le mouvement annuel de marchandises entre Namangan et Kokand est de 6 millions de pouds (96 000 *t*), transportées par arbas. La traversée de Sir Daria s'opère au moyen d'un bac. Le pont sur ce fleuve, qui est le seul travail d'art important à prévoir sur cet embranchement, coûtera 400 000 roubles. Le coût total de la construction est établi sur la base de 50 000 roubles par verste, soit, environ, 130 000 *f* par kilomètre, bien entendu, à la voie normale russe.

Cet embranchement permettra de desservir les nombreuses mines de charbon qui sont connues dans le bassin du Narine, et qui sont restées inexploitées jusqu'ici, à cause des difficultés de transport. Le Gouvernement russe est prêt à accorder la concession, avec les mêmes tarifs en usage sur ses propres lignes, au groupe financier qui lui présentera les études de la ligne, mais sans garantie d'intérêt pour le capital de premier établissement.

J'espère avoir clairement indiqué, dans cet aperçu, forcément un peu rapide. sur la création des grandes voies de communication dans l'Asie russe, les bases essentielles qui ont présidé à sa conception d'abord et ensuite à son exécution. Le point de vue militaire et politique a été, sans aucun doute, le facteur principal de cette création. Il en a été de même pour le Transsibérien, mais le fait même de l'ouverture de ces lignes a créé des intérêts économiques et des besoins nouveaux qu'on n'aurait jamais soupçonnés auparavant. C'est ainsi que, lorsque Sa Majesté l'Empereur Alexandre III a décidé la construction du chemin de fer transsibérien, la ligne fut tracée entièrement en territoire russe d'un bout à l'autre de la carte. Ce n'est que plus tard qu'on s'aperçut des avantages politiques et techniques que présenterait le passage direct à travers la Mandchourie au lieu de suivre le grand arc de cercle que décrit le cours moyen du fleuve Amour, et qu'il fut décidé de donner à cette voie trans-

continentale un tracé que personne, même les plus hardis, n'auraient osé proposer de prime abord.

Même dans les circonstances politiques actuelles, l'ouverture de la ligne russo-chinoise, en plein territoire mandchou, constitue un fait capital qui permet d'attendre, sans se presser, une assimilation définitive du royal morceau qui se trouve ainsi séparé du tronc. Le mince sillon que trace le diamant sur la glace n'est qu'une fente imperceptible ; il amène pourtant, tôt ou tard, la rupture au point désiré.

Richesses minérales.

Je vais maintenant donner rapidement quelques indications sur les richesses minérales de ces pays et, en en parlant à cette place, je ne crois pas sortir de mon sujet, car il y a, entre le développement minier d'un pays et l'ouverture des chemins de pénétration, une connexion sur laquelle il est inutile d'insister. D'autre part, le but principal de la mission dont M. le Ministre de l'Instruction publique m'a fait l'honneur de me charger, étant justement d'étudier les conditions géologiques et minières de la Boukharie et du Turkestan, j'ai dirigé mon expédition de manière à recueillir sur ce sujet les informations les plus étendues et les plus précises.

Pour l'année 1902, j'ai dû borner mon examen à l'étude des placers aurifères et des gisements de charbon et de pétrole. Ce sont, d'ailleurs, les genres d'exploitation qui présentent l'intérêt le plus immédiat ; l'or, parce qu'il est le seul métal qui, pouvant s'exploiter à de grandes distances des voies de communication, n'exige pas la proximité de ces dernières pour se prêter à une industrie rémunératrice. On a donc, pour l'étude des gisements de ce métal précieux, un champ d'action infiniment plus vaste que pour tous les autres minerais ou métaux.

Quant au charbon et au pétrole, j'ai déjà fait voir, en parlant des nécessités actuelles qu'entraîne le ravitaillement en combustibles du réseau Central Asiatique, l'importance capitale qui s'attache à la découverte et à la mise en exploitation immédiate des combustibles minéraux, solides ou liquides, dans le voisinage des lignes de chemins de fer existantes ou à créer. Le Gouvernement russe l'a si bien compris qu'il a envoyé dans le pays, justement à l'époque où l'expédition française en 1902 prenait fin, une mission composée de quatre Ingénieurs du Corps des

Mines ayant uniquement pour but de rechercher et d'étudier les gisements de combustibles industriellement exploitables au Turkestan, en vue d'assurer le ravitaillement du chemin de fer dans des conditions moins onéreuses que celles que comporte le transport des résidus de pétrole sur des parcours dépassant 2500 *km*.

Dans la région du Ferganah, les prospections minières peuvent s'exécuter à peu près indifféremment pendant tout le cours de l'année, sauf pendant les quelques mois d'hiver où la terre est couverte de neige, mais il n'en était pas de même pour nous, car l'itinéraire que la Mission dont j'étais chargé m'obligeait à prendre, comprenait le passage à travers la chaîne des monts Alaï, prolongation occidentale du plateau du Pamir et couronnés, comme lui, d'une crête continue de glaciers qui donnent à tous les paysages du Ferganah un caractère si saisissant.

Au premier plan, des champs de coton alternent avec des guirlandes de vignes qui grimpent aux arbres, rappelant les si gracieux tableaux qui caractérisent les plaines fertiles de la Toscane et, dans le lointain, comme fond de la scène, les crêtes continues des blancs glaciers de l'Alaï.

Le voyage ainsi combiné ne peut s'effectuer que pendant les trois mois les plus chauds de l'année, du 15 Juin au 15 Septembre (voir *Pl. 36*, figure de l'itinéraire suivi).

L'expédition française, partie à la fin d'Avril, a franchi les monts Alaï vers la fin du mois de Juillet et elle a dû, par suite de circonstances spéciales, dont je dirai un mot plus loin, cheminer sur des glaciers sur un parcours de plus de 14 *km*, pour franchir le col de Karagouch-Kana, à 4180 *m* d'altitude.

Gisements aurifères.

Mon étude a porté uniquement sur des gisements alluvionnaires, c'est-à-dire sur ceux où l'or se rencontre à l'état libre, en grains et pépites, mélangés avec des détritus provenant, soit de la désagrégation par les eaux, soit d'une origine glaciaire. C'est, comme on va le voir, par une combinaison de ces deux ordres de phénomènes qu'ont été créées les puissantes assises de conglomérats aurifères qui se trouvent dans la Boukharie Orientale sur le versant ouest de la chaîne du Darvaz.

Des gisements aurifères en place, filons, amas ou couches ont été cependant signalés dans le Pamir, mais leur exploration

n'est pas faite encore. Conformément à la pratique constante c'est par l'exploitation des alluvions que doit débuter l'exploitation aurifère d'un pays neuf. Les filons viennent ensuite perpétuer l'industrie de l'or dans la région ainsi ouverte à la civilisation. Les placers servent de fil conducteur.

Nous nous sommes rendus sur les lieux en remontant le cours de l'Amou-Daria en bateau à vapeur de Tchardjouy à Patta-Guissar (440 *km*). A partir de cet endroit, la navigation à vapeur fait place aux transports par kaïouks (petits bateaux à fond plat remorqués à la cordelle et portant de 5 à 20 *t*). Ce dernier moyen de transport étant lent, n'est employé que pour les marchandises et nous avons continué notre route avec des chevaux et des chameaux.

Cette voie est plus longue que l'itinéraire de retour en franchissant les monts Alaï; mais j'avais jugé indispensable d'y passer, afin de me rendre compte des conditions dans lesquelles on pourrait éventuellement effectuer le transport de pièces lourdes dans le cas où, après étude, il serait reconnu que les placers se prêtent bien à une exploitation mécanique.

La route par la voie de terre de Patta-Guissar à Saraï, en suivant la ligne de postes russes de gardes-frontières, n'offre aucun intérêt spécial, étant maintenant connue et constamment fréquentée par les officiers de service. Elle est même praticable pour des voitures légères sur la totalité de ce parcours (environ 250 verstes). On ne peut qu'admirer ce résultat, obtenu à très peu de frais, avec une poignée d'hommes, depuis seulement cinq ans que le pays est réellement occupé par des forces militaires permanentes russes. A la route, on ajoutera certainement, sous peu, le fil télégraphique qui, entre autres avantages, aura celui de relier au reste du monde civilisé, les courageux officiers de gardes-frontières qui vivent en ce moment dans ces postes éloignés et ingrats. Il faut y avoir passé pour se rendre compte de l'énergie physique et morale qu'exige un pareil service, sous un climat torride en été, froid en hiver, dans un isolement moral presque complet.

A partir de Kourgan-Tioubé, les rives de l'Amou-Daria, qui étaient restées jusque-là plates et marécageuses avec des jungles épais où pullulent les sangliers, les cerfs et même les tigres, se relèvent notablement. Ce sont de grandes terrasses de loess qu'on rencontre en premier lieu : ce loess couvre des surfaces considérables. Tout le bassin du Kizil-Sou et de la Vachte

en sont couverts et ce n'est qu'en pénétrant plus avant dans l'intérieur des terres qu'on commence à rencontrer des formations géologiques moins récentes.

Après deux jours de repos à Saraï, la Mission arrivait à Kouliab, en passant par le raccourci de Sayatte. On traverse une montagne de sel, dont tous les ravins sont blanchis par les cristaux déposés par les eaux. Le gisement n'est l'objet d'aucune exploitation.

Le sel est très répandu dans les marnes qui forment la base du terrain crétacé. Aussi les points sur lesquels les indigènes l'extraient par dissolution et évaporation des lessives sont-ils très nombreux, tant sur la Vachte que sur le Yak-sou, le Sourk-Ob, etc.

De Kouliab, l'expédition a gagné directement Khavaling, car j'avais l'intention d'aller reconnaître au plus vite la limite Ouest des conglomérats aurifères, dont M. le Professeur Kraft avait déterminé la limite Est dans son remarquable voyage de 1898 (1).

Je dois dire cependant que cette limite Est, d'après les données recueillies sur place, descend elle-même beaucoup plus bas que ne l'avait supposé le D[r] Kraft. Elle se termine du côté de Kouliab, à l'est du méridien de cette localité, par une grande courbe, qui tourne sa convexité vers le Sud et qui remonte ensuite vers le cours du Piandje, mais sans atteindre pourtant ce cours d'eau. La formation des conglomérats éocènes s'y termine en pointe arrondie.

Le 7-20 Juin, la Mission atteignait la zone des conglomérats aurifères de Mazar-Sou. Elle commençait aussitôt leur reconnaissance. Ces conglomérats comprennent toute la haute vallée de l'Obi-Sanghi-Khergow, et ils s'étendent enfin vers le Nord-Est, jusque sur un affluent direct du Khingaou. Tous ces cours d'eau sont aurifères.

Après avoir parcouru ce bassin, la Mission acquerrait la certitude que ces conglomérats étaient complètement séparés de ceux de Saripoul et de Talbar. Ces deux gisements sont reliés par des alternances de grès et de marnes, appartenant à l'étage de l'éocène inférieur, parmi lesquels se présentent parfois quel-

(1) D[r] ALBRECHT v. KRAFT, *Geologische Ergebnisse einer Reise durch das Chanat Bokhara (mit 6 tafeln und 4 textfiguren)*, Académie impériale des Sciences d'Autriche, vol. LXX. Vienne 1900.

Dito, *Zeitschrift fur praktische geologie. Februarheft* 1899.

W RICKMERS, *Bremer Geographischen blatten Bd.* XXII. Heft 2.

ques bancs de poudingues à petits éléments, mais il est facile de distinguer ces derniers des conglomérats francs qui sont seuls intéressants au point de vue minier.

Les poudingues de l'éocène inférieur ont été déposés en eau profonde, loin des cordons littoraux, et l'or apporté par les moraines littorales de la mer éocène n'a pas été entraîné si loin. Au contraire, les conglomérats supérieurs constitués par le nivellement des moraines du Pamir qui débouchaient à cette époque dans la mer éocène, sont uniformément et légèrement aurifères. Il ne m'est pas possible d'entrer ici dans l'analyse détaillée du mode de formation de ces conglomérats de la Boukharie Orientale, ce serait sortir du cadre de mon sujet. Je me bornerai donc à indiquer les principes. Je me suis livré à des comptages des roches constituant les diverses régions à conglomérats et j'y ai relevé des différences très considérables dans leur composition. Par exemple, les conglomérats d'Obi-Sanghi-Khergow ne contiennent aucune pierre de calcaire pur, tandis qu'elles abondent à Talbar. Cela prouve que les glaciers originaires qui ont apporté ces pierres, ont passé : les uns sur des terrains ne contenant pas de calcaires, les autres sur des formations qui en comprenaient. Grâce aux notions que nous possédons sur la constitution géologique des massifs du Pamir et de l'Alaï, on peut ainsi dresser une carte assez exacte de la position et de la direction de ces anciens chenaux glaciaires. Je le répète, je ne puis indiquer ici que le principe, sans entrer dans le détail du sujet.

Après avoir terminé cette première reconnaissance, la Mission française passait dans le bassin du Yak-Sou et remontait ce cours d'eau en passant par Saripoul et par Talbar, village en amont duquel le Yak-Sou prend le nom de Talbar-Sou. Elle examinait successivement les travaux des Sartes orpailleurs, tant à ciel ouvert que souterrains. Ces derniers, munis d'un écoulement souterrain appelé « moura », sont réellement dignes de remarque. Ils témoignent en même temps d'une témérité extrême (car tous ces travaux s'exécutent au milieu de graviers faciles à ébouler et sans aucun soutènement) et ensuite d'une connaissance parfaite de l'enrichissement des graviers en profondeur (*Pl. 37, fig. 6 à 8*). Aussi ces travaux ont-ils été d'une très grande utilité à la Mission pour déterminer la teneur des alluvions aurifères en profondeur, sans avoir besoin de se livrer elle-même au creusement de nouveaux puits.

C'est, en effet, au-dessous du niveau actuel des rivières que se trouvent les gisements aurifères ayant une valeur réelle. Tout ce qui se trouvait au-dessus de ce niveau, dans des conditions par conséquent faciles pour les orpailleurs indigènes, a été déjà travaillé plusieurs fois et il ne reste rien à en tirer pour l'industrie moderne, même munie de moyens perfectionnés.

Il en est d'autant plus ainsi que ces travaux des sartes ont été précédés par ceux des Mongols, dont l'influence sur des procédés d'extraction employés par leurs successeurs, est bien visible pour quiconque possède la connaissance des méthodes chinoises et coréennes d'exploitation de l'or.

La Mission a visité aussi les travaux d'exploitation d'or entrepris depuis quelques années dans la vallée du Safet-Daria par M. l'Ingénieur Pakorski *(Pl. 37, fig. 9)*. Bien que ces travaux n'aient pas atteint le bed-rock, c'est-à-dire la partie la plus riche du gisement, ils suffisent pour confirmer ce que les travaux sartes avaient déjà indiqué, à savoir que les gisements aurifères de la Boukharie Orientale sont constitués par des dépôts très épais, allant jusqu'à 7 et 8 sagènes de puissance (14,50 *m* à 17 *m*) de graviers aurifères, dont la richesse, en général assez faible à la surface, atteint son maximum au contact du bed-rock, où des teneurs très rémunératrices ont été mises en évidence par les travaux exécutés en profondeur, tant par les anciens que par les exploitants modernes.

Ces graviers ont été formés eux-mêmes par la concentration dans le thalweg des vallées d'érosion, des petites quantités d'or contenues dans les conglomérats primitifs. L'intensité de ces érosions ne peut être comprise qu'après qu'on a vu le pays. Les photographies prises sur place, même les plus pittoresques et les plus grandioses, ne sont qu'un pâle reflet de la réalité *(Pl. 37, fig. 10)*. Il faut avoir vu ces monuments, ces cathédrales empilées les unes sur les autres, ces fines aiguilles, témoins des portions durcies du conglomérat, ayant résisté aux injures du temps, pour comprendre la grandeur du spectacle. Le moindre orage, succédant à un temps sec, provoque de toutes parts des avalanches de cailloux, qui ne sont pas sans danger ; nous en avons fait personnellement l'expérience.

C'est par ce long processus que l'or s'est concentré et se concentre encore dans les vallées actuelles après avoir été convoyé, sur de grandes distances, par ces fleuves lents qui s'appellent les glaciers. En témoignage de ces puissants efforts d'entraîne-

ment, l'or de la Boukharie est uniformément aplati en lentilles ou en plaquettes de dimensions généralement restreintes, car des pépites de 5 à 7 zolotniks (25 à 30 *g*), qui sont communes dans beaucoup de pays à placers, sont une véritable rareté en Boukharie Orientale.

Cette forme plate a favorisé l'entraînement de l'or dans les fleuves et explique la présence du métal précieux dans tous les cours d'eau ayant des conglomérats ou des moraines à leur origine. C'est ce phénomène qui a fait baptiser de son nom le Zarafchan, (Zar signifie or en persan. Zarafchan : rivière qui charie de l'or). De nombreux orpailleurs exploitent, en effet, les sables du Zarafchan dans les ariks (cours d'eau dérivés du fleuve dans un but d'arrosage), à leur traversée dans la ville même de Samarcande.

De même, dans l'Amou-Daria, les Sartes lavent l'or dans les sables du fleuve, bien plus bas que Saraï, dans le voisinage du poste d'Aïvadj *(Pl. 37, fig. 7)*. Nous avons nous-même trouvé, dans les sables superficiels des cours d'eau, à Saraï, à Dagana, à Saripoul, des teneurs en or justifiant toutes les espérances au point de vue des richesses qu'on doit s'attendre à trouver en profondeur. Toutefois ces derniers gisements, éloignés des montagnes qui pourraient livrer la force hydraulique de leurs torrents, seule ressource d'énergie dans ces pays privés de tout combustible industriel, du moins pour le moment — ne peuvent constituer que des réserves d'avenir — pour l'époque où les conditions actuelles de transports seront changées.

Quant au travail manuel de ces alluvions par les procédés sibériens, tels que piochage à la main, transport au lavoir par taratakas (charrettes rustiques en bois) ou par wagons, reprises des effélis (résidus stériles) par les mêmes moyens, pour les porter aux atvali (remblais des résidus de lavage), il nous paraît indubitable que, sauf dans les cas exceptionnels, il n'y a pas de bénéfices à espérer d'une telle entreprise. Les cubes à déplacer et à laver dépassent la portée de ces moyens d'action primitifs.

Il ne faut exploiter qu'au moyen de machines puissantes, dragues ou excavateurs, avec transport mécanique des effélis, tels qu'on les emploie à présent sur la plupart des grands placers d'Amérique et même de la Sibérie.

On se mettra ainsi du même coup à l'abri des exigences de la main d'œuvre sarte. En ce moment elle est, sur place, très bon marché : (1 1/2 à 2 tenguis par jour de travail, environ 0,60 *f*

à 0,80 *f*), mais elle ne tardera pas à monter dès qu'il y aura un peu de demande. L'exemple du Turkestan est à méditer à ce point de vue. D'ailleurs, en principe, la main d'œuvre sarte n'est pas de celles qui puissent être considérées comme désirables pour l'industriel. Elle est, avant tout, agricole et exclusivement agricole, par goût comme par le fait. Le Sarte ne considère le travail industriel, à la journée (car il ne connaît pas le travail à la tâche) que comme un hors-d'œuvre, une exception, bonne tout au plus pour les époques où il n'y a à exécuter ni récoltes, ni semailles. Mais dès que ces derniers travaux les appellent, aucune offre, aucun salaire, même hors de proportion avec l'effort qu'on leur demande, n'arrive à les faire rester. Ils désertent le chantier en masse. Il est donc bien difficile de constituer des chantiers permanents et réguliers avec une telle population.

L'emploi de machines exigera l'utilisation d'une main d'œuvre russe pour la manœuvre des appareils, les réparations, la surveillance, etc. L'introduction de ces procédés modernes sera donc un puissant moyen de russification du pays.

La principale difficulté qu'on aura à surmonter pour cette transformation des méthodes de travail, résidera dans les transports. Il n'y a pas une seule route carrossable dans toute la Boukharie Orientale, et on décore, dans le Darvaz et dans le Karathégine, du nom de chemins praticables par les chevaux, des casse-cous dont on est étonné d'être sorti sain et sauf après y avoir passé *(Pl. 37, fig. 4 et 5).*

C'est à dos de chameaux, et seulement pendant la saison favorable aux transports, que devront être portés sur place les premiers grands outils. Après, et par la force même des choses, des chemins s'ouvriront dans les principales vallées, comme cela s'est fait pour la route longeant l'Amou-Daria et pour celle, nouvellement ouverte, qui relie Samarcande à Patta-Guissar. C'est une question de temps.

Continuant son itinéraire vers le nord, la Mission française quittait le bassin du Yak-Sou pour descendre dans celui du Khingaou en franchissant le col de Talbar, à la cote de 2800 *m.*

Elle descendait dans la vallée de Tabi-Dara et reconnaissait, là aussi, l'existence de vastes travaux anciens pour l'exploitation de l'or. Ces travaux sartes ayant été arrêtés depuis déjà longtemps, il était nécessaire, surtout dans la partie inférieure de cette vallée, qui présente des conditions favorables à des installations mécaniques, de se renseigner, par des travaux de re-

cherche directs, sur l'existence de l'or et sur son exploitabilité. Ces investigations obligèrent la Mission à séjourner sur place jusqu'au 3/16 Juillet.

Il s'agissait maintenant, après avoir achevé la prospection minière, pour or, de la région, de regagner le Ferganah, en choisissant la route la plus intéressante au point de vue géologique et géographique.

A Tabi-Dara, je me trouvais déjà sur la limite des conglomérats aurifères du terrain éocène, mais je ne connaissais pas la manière dont ce dernier terrain reposait sur les formations cristallines, granit, gneiss, signalés sur l'Altaï par les explorateurs qui avaient traversé la chaîne.

La carte géologique de Mouchkétoff et Romanoff, ne donnait sur ce parcours comme d'ailleurs pour toute la Boukharie Orientale, que des indications très vagues. Ces deux géologues ne sont jamais venus dans le pays et leur remarquable travail a porté surtout sur le Ferganah proprement dit.

Je décidai, en conséquence, que l'expédition franchirait la chaîne de Pierre-le-Grand, qui sépare le Khingaou du Sourk-Ob, par le col le plus rapproché de Tabi-Dara, qu'elle passerait par Garme et qu'on déciderait alors du choix du col par lequel on franchirait les monts Alaï pour descendre dans le Ferganah.

Cette décision a été heureuse, car, comme on va le voir, l'itinéraire que nous avons suivi a permis de fixer plusieurs points d'une réelle importance.

Après être descendue le long du Khingaou pendant environ 20 verstes pour trouver un col praticable, en partant du village de Tchil Dara, l'expédition franchissait la crête de la chaîne de Pierre-le-Grand par un col à la cote de 2800 *m*. Elle reconnaissait que cette chaîne est formée par des marnes et des gypses appartenant à la formation crétacée inférieure. Ces couches, très redressées au contact de l'éocène en suivant la vallée du Tchil-Dara, se rapprochent de l'horizontale au fur et à mesure qu'on s'éloigne de ce contact. Enfin, en redescendant sur l'autre versant de la chaîne de Pierre-le-Grand, on trouve, juste au moment où on franchit le pont de Garme sur le Sourk-Ob, les terrains cristallins qui constituent l'ossature des monts Alaï et Turkestan. Le Sourk-Ob a creusé son lit dans les marnes friables du crétacé, de sorte que son cours forme la limite constante entre les gypses et les terrains cristallins, sauf quelques enclaves insignifiantes de marnes crétacées sur la rive droite, entre Garme et Kala-i-Aït.

A son arrivée à Garme, la Mission française décidait, après entente avec le Beg (Gouverneur) de cette localité, de ne pas passer par le col de Tenguis-Baï pour franchir les monts Alaï. On nous annonçait, en effet, que les ponts de cette route, qui constitue la voie commerciale la plus commode suivie par les caravanes qui vont trafiquer dans le Karathégine, étaient tous emportés par les eaux provenant de la fonte exceptionnelle des neiges. D'autre part, les cartes russes que nous possédions nous indiquaient bien l'existence d'autres cols pour franchir les monts Alaï, mais ils étaient encore inconnus, impraticables. Ils se présentaient en effet sur la carte à l'échelle de 1 pouce pour 10 verstes — le document le plus récent que nous possédions — sous la forme de grandes taches blanches que nous tenions à cœur de contribuer à faire disparaître.

C'est cette considération qui nous fit décider de tenter le passage par le col de Karagouch-Kana, marqué sur la carte à l'altitude de 19 523 pieds, chiffre qui, *a priori*, m'inspirait une certaine défiance car il conduisait à des pentes de vallées tout à fait inadmissibles. L'événement m'a donné raison, car, comme on va le voir, il est erroné, en trop, de plus de 5 000 pieds.

L'expédition est partie du village de Yaritchik, le dimanche 7/20 Juillet à 9 h. 45 m. du matin. L'altitude en ce point est de 1 723 *m* au-dessus du niveau de la mer Caspienne, repère de Krasnovodsk lequel est, comme on le sait, à un niveau inférieur à celui de la mer Noire, de 84 pieds (28 *m*).

La vallée que nous remontons est fortement encaissée dans les terrains primitifs, gneiss et micachistes. Cinquante hommes envoyés depuis la veille par l'Amlacdar (chef de village, percepteur d'impôts) ont tracé une piste sur la rive droite jusqu'au dernier village kirgize nommé Chaour (2 015 *m*). La vallée du Kaboud, tel est le nom du cours d'eau aboutissant au col que nous avons à franchir, est dirigée N.-O. 30°. Elle présente tous les caractères d'une vallée glaciaire récente, thalweg creusé profondément, affluents déversant en cascades à leur confluent, restes de moraines, roches polies, etc,

A 2 350 *m* nous rencontrons le premier pont naturel, en neige, sur lequel nous passons avec les 12 personnes et les 12 chevaux qui constituent l'ensemble de l'expédition. Les bagages ont été réduits au strict minimum, avec deux jours seulement de vivres pour hommes et bêtes. Les ponts de neige se multiplient au fur et à mesure que nous avançons et nous permettent de choisir le

côté le moins escarpé pour avancer. Couché le soir à 2 860 *m* dans une gorge. Température minima pendant la nuit + 7°.

Le 8/21 Juillet, départ au point du jour, car il s'agit de passer le col au plus tard à midi. Trois Sartes ont déserté pendant la nuit, effrayés par les récits fantaisistes que les hommes de l'escorte leur ont fait de l'ascension. A 8 heures, nous étions au pied du glacier sur une magnifique moraine frontale de 40 *m* de hauteur, échancrée sur un seul point par le ruisseau mugissant et boueux qui sort du revers sud du glacier, car à présent, nous apercevons distinctement qu'il couvre les deux versants de la chaîne. Nous sommes à 3 000 *m* d'altitude.

A 3 440 *m* nous quittons les névés pour commencer l'ascension sur la glace. De 3 860 à 4 180 *m*, altitude du col de Karagouch-Kana, la pente, très raide, du glacier, nécessite des marches qu'on taille dans la glace. Thermomètre à l'ombre : 11°, au soleil, 32° *(Pl. 36, fig. 5).*

Passage du col à 11 h. 20 m.

La descente exige des précautions spéciales pour éviter les glissades dans les crevasses.

A 3 750 *m*, confluent d'un autre glacier, plus vaste que celui par lequel nous avons franchi la crête, et dirigé perpendiculairement à ce dernier. Commencement des moraines. D'autres glaciers latéraux, au nombre de quatre, placés symétriquement, apportent aussi leur contingent de moraines superficielles, produisant ainsi six moraines distinctes, parfaitement alignées, qui finissent par se confondre en aval en une mer de cailloux sur lesquels la circulation à cheval devient possible, sauf aux endroits où les crevasses et les trous béants aboutissant à la rivière souterraine, exigent le passage à pied.

A 3 100 *m*, moraine terminale. Le glacier forme un magnifique talus de glace, régulier, de 40 *m* de hauteur et de 100 *m* de large dont une rivière boueuse sort tumultueusement.

Nous campons à 2 560 *m* après avoir passé encore quelques ponts de neige. Entre les deux derniers, nous rencontrons une source d'eau chaude, chargée de sels de fer (40° centigr.), sortant des granits qui forment l'ossature de toute la région parcourue dans la journée.

Le lendemain 9/22 Juillet, nous rencontrons un premier village khirgize, au confluent de l'Ak-Terek (1 883 *m*). Une énorme moraine de plus de 50 *m* de hauteur barre les deux vallées un peu au-dessous du village précité.

La rivière, qui prend à partir de là le nom de Zaralou, passe dans une série de défilés impraticables. Il faut faire l'ascension, par un sentier latéral, du col dit du Karathégine (2863 *m*). On rencontre sur ces hauteurs des khirgizes hospitaliers qui passent l'été dans ces pâturages alpestres.

Enfin le 10/23 Juillet, après une étape de 50 *km*, nous arrivons à l'important village de Soh *où* nous rencontrons deux fonctionnaires russes : un garde forestier et un agent de police. Nous n'avions pas vu un seul Russe depuis deux mois.

A partir de Soh, la carte de l'État-Major donne des indications précises sur l'itinéraire suivi. En fait nous avons levé à la boussole et nivelé au baromètre un itinéraire entièrement nouveau sur une longueur de près de 150 *km* et reconnu un passage des monts Alaï, dit col du Karagouch-Kana, à une altitude d'environ 5000 pieds inférieure à celle indiquée sur les cartes russes.

Ce col, quoique occupé par un glacier, permet d'aller, pendant toute la saison d'été, de Kokand, grande ville située au débouché de la rivière de Soh, dans le Karathégine, en quatre jours de marche. Le même trajet en passant par Magellan et le col de Tenguis-Baï exige neuf jours de marche.

La copie du carnet de levé de plans de la Mission sur ce parcours, a été remise au bureau topographique de l'État-Major à Tachkent.

Combustibles minéraux.

J'ai déjà fait pressentir, à propos de l'exploitation du réseau des chemins de fer russes dans l'Asie Centrale, l'importance qui s'attache à la reconnaissance et à la mise en valeur des gisements de combustibles minéraux existant dans cette partie de l'Empire.

On connait, et on commence à exploiter, dans le voisinage du chemin de fer des couches de charbon et des gisements de naphte. Je vais donner quelques indications sur les uns et les autres de ces combustibles minéraux.

Charbon.

Il existe au Turkestan des localités assez nombreuses dans lesquelles des affleurements de charbon ont été signalés. Je vais énumérer les principales, marquées sur la carte (voir *Pl. 36, fig. 1*).

Nature de ces charbons.

Ce ne sont pas des houilles proprement dites. Ces combustibles sont des charbons gazeux, se rapprochant des lignites. Beaucoup se délitent rapidement à l'air. Les meilleurs (Mine Orsero, Mine Monine) donnent aux essais calorimétriques de 5000 à 5500 calories. Teneur en cendres : assez variable, descendant dans certains cas à 5 0/0; moyenne générale 8 0/0. Tous ces charbons sont très secs, très flambants et laissent des cendres blanches, peu fusibles, sauf celui de la mine Krause, au sud de Khodjent, qui est si bitumineux qu'il s'allume comme du brai et brûle en répandant une épaisse fumée fuligineuse.

J'ai également rapporté des échantillons provenant des principaux gisements à savoir, en allant de l'Est à l'Ouest :

Gisements au nord d'Andidjan.

Ces gisements sont situés à 80 verstes environ au nord d'Andidjan. Diverses concessions y ont été prises par MM. Krause, Petrowsk et autres. On connaît aussi des affleurements de pétrole dans le voisinage. Le charbon prélevé aux affleurements est d'un beau noir de jais et se délite peu. Dans le voisinage de ces couches existent aussi des conglomérats aurifères auxquels on pourrait appliquer des moyens mécaniques d'exploitation, puisque le combustible est à proximité.

Gisement d'Oucht-Kourgan.

Ces gisements sont situés à 32 *km* seulement au sud de Margellan. Cette mine qui appartient à M. Orsero est, de toutes celles que je connais, celle qui est à la fois la mieux développée et la mieux placée au point de vue de son raccordement avec le chemin de fer. La distance à franchir est, en effet, entièrement en plaine. La voie sera facile à poser.

Épaisseur utile de la couche : 4 *m* de charbon pur, plus 6 *m* de charbon plus ou moins barré. Puissance totale de la couche : 10 *m*. Direction E.-O. Pendage 65° vers le Sud.

On exploite déjà pour les besoins locaux, et un marché a été passé avec l'Administration du chemin de fer. Cette mine, qui n'a besoin que d'un capital argent modéré pour être mise en état de produire une cinquantaine de mille tonnes par an, comme

début, est appelée a desservir tous les besoins, tant du chemin de fer, que des populations locales dans la région de Kokand, Margellan, Andidjan.

Gisements au sud de Kokand.

Ces charbons n'ont encore été l'objet d'aucune exploitation. J'en ai reconnu plusieurs affleurements importants, sur tout le parcours suivi par la Mission française en descendant la vallée de la rivière de Soh.

Gisements au sud de Khodjent.

Il y a là un groupe qui parait intéressant, au sud du chemin de fer. Le charbon est un lignite dur, à cassure conchoïdale. Il se délite assez facilement à l'air.

C'est à ce groupe qu'appartient le curieux charbon bitumineux dont jai parlé ci-dessus. Il sera intéressant de constater s'il y a, comme je le crois, une relation entre cette couche de combustible qui a 3 archines de puissance (1 archine $= 0{,}71$ *m*) et les affleurements de pétrole qui sont connus dans le voisinage. L'étude micrographique et chimique de ces houilles est actuellement en voie d'exécution et les résultats en seront publiés ultérieurement.

Gisements de Samarcande et de la Porte de Tamerlan.

Il existe à 120 *km* de Samarcande, dans la vallée du Zarafchan, une petite exploitation de charbon qui transporte ses produits à Samarcande, à dos de chameaux, ou par arbas (charrettes du pays). Le prix de vente du dépôt créé dans cette ville est de 42 *f* la tonne.

A la porte de Tamerlan, M. Krause a une demande de concession sur du lignite, dont j'ai vu d'assez bons échantillons. Dans le voisinage de ce point, il existe aussi des affleurements d'anthracite, d'assez médiocre qualité et même de plombagine impure, quarzteuse, appartenant évidemment à une formation géologique tout à fait différente.

Tous les charbons que je viens de décrire, sauf bien entendu l'anthracite, se trouvent dans le terrain crétacé, qui est très développé dans le Ferganah et dans la Boukharie, ce qui explique la multiplicité des points d'affleurements reconnus.

Gisements sur la ligne d'Orenbourg.

Entre Tchemkent et la ville de Tourkestan, à 70 verstes de la ligne du chemin de fer en construction, il existe une série de permis de recherches pour charbon (Mine Monine), sur lesquels les travaux exécutés ont mis en évidence une couche assez puissante (1,50 *m* à 2 *m*) de très bon charbon flambant à 40 0/0 de matières volatiles.

Les difficultés d'accès sont assez grandes.

Ces gisements sont intéressants parce qu'ils sont très bien placés pour fournir le combustible nécessaire à la partie centrale de la ligne Orenbourg-Tachkent.

C'est à ce même groupe qu'appartiennent les couches exploitées activement par la Marine russe, à l'époque où il existait, dans les premiers temps de la conquête, une navigation par canonnières à fond plat, allant du Sir-Daria à l'Amou-Daria à travers la mer d'Aral. Cette exploitation se faisait sur le bord même du Sir-Daria où affleurent les couches en question.

On voit, en résumé, que nombre de gisements sont d'ores et déjà reconnus et même exploités et qu'ils n'attendent que les capitaux pour être mis en exploitation. Quant à la consommation, ce que j'ai dit à propos de la pénurie de combustible dont souffre la ligne et celle, non moins grande, dont se plaint la population, suffit pour permettre d'affirmer qu'elle ne fera pas défaut, d'autant plus que le Gouvernement n'attend que la mise sur le marché de charbons aptes à la consommation domestique, pour interdire d'une manière absolue l'exploitation abusive des broussailles pour le chauffage, qui cause un tort immense au régime des eaux et, par suite, au climat de la région.

Naphte.

De nombreux affleurements naphtifères sont signalés sur toutes les pentes du Ferganah, en dépendances aussi des terrains crétacés et tertiaires. En principe, la position est bonne, car on sait que les régions de plaines avoisinant les grands massifs montagneux sont des zones de fractures, favorables à la présence de gisements et d'émanations d'hydro-carbures.

Trois sondages sont entrepris en ce moment:

1° Au sud de Kokand, dans des terrains appartenant à MM. Pé-

trovsk de Tachkent. Ce sondage n'avait encore, à l'époque de mon voyage, que 20 sagènes (environ 41 *m*) de profondeur. Il donnait 40 à 50 pouds d'huile par jour. On se propose de le pousser jusqu'à 150 sagènes pour recouper les niveaux profonds.

Les affleurements donnent une quantité d'ozokérite (cire mirale) parfois très pure, employée de temps immémorial par les indigènes en guise de poix pour les chaussures;

2° Au nord de Namangan. Sondage exécuté aux frais du Gouvernement, arrêté en ce moment. Paraît avoir été entrepris avec un diamètre un peu faible. Profondeur 72 *m*. Bons indices;

3° Gisements de Tchimione. Affaire Kovaliévski. Le sondage est bien placé, sur un anticlinal, à 18 *km* au sud de la ligne du chemin de fer, entre Kokand et Margellan. Arrêté au moment de ma visite par un écrasement du tube, survenu à la suite d'un dégagement tumultueux de gaz, excellent indice de la proximité d'un niveau naphtifère artésien. Production : 300 pouds (environ 5 000 *kg*) d'huile par jour. Il a été trouvé un premier niveau pauvre à la profondeur de 100 sagènes (213 *m*).

Profondeur totale de ce sondage 123 sagènes (262 *m*). C'est à ce niveau que s'est produit l'accident en question.

Diamètre du tube à ce niveau: 0,350 *m*.

Densité de l'huile : 0,850. On voit qu'elle est beaucoup plus légère que celle de Bakou.

Gisements de Boukharie.

A Chirabad, d'importants affleurements de naphte sont exploités par les indigènes, au moyen de puits peu profonds, de temps immémorial.

A Saraï, on en connait de semblables.

Ces divers affleurements sont encore vierges de tout sondage exécuté par procédés modernes. Il seraient dignes d'être étudiés à cause des services qu'ils rendraient à la navigation et à la ligne du chemin de fer qui sera certainement construite un jour ou l'autre, au moins jusqu'à Patta-Guissar.

Gisements de Merv.

Aux environs de Merv, plusieurs sondages ont été faits sur des affleurements de naphte, jusqu'ici avec des succès mitigés. Je ne les ai pas visités personnellement.

COTE EST DE LA CASPIENNE.

Citons enfin le naphte de Tchilikent, île de la mer Caspienne, située sur la côte Est, à 70 verstes au Sud de Krasnovodsk. Bien que la position de ces gisements les soumette aux fluctuations du marché de Bakou, ils font beaucoup parler d'eux en ce moment. Les indigènes turcomans y ont exploité de toute antiquité, par puits creusés à la main, allant jusqu'à 50 et 60 *m* de profondeur. La Compagnie Nobel y travaille, sans bruit, depuis déjà plusieurs années.

Les conditions géologiques sont tout à fait comparables à celles de Bakou.

L'état de dépression actuelle du marché des pétroles à Bakou ne permet pas à ces gisements de dire leur dernier mot. J'ai tenu cependant, pour être autant que possible complet, à en faire une mention spéciale.

Des irrigations.

La reconnaissance complète faite par la Mission française du bassin de la rivière de Soh, dont j'ai parlé plus haut, me conduit naturellement au dernier ordre d'idées que je me propose de traiter ici, car c'est certainement le cours d'eau qui, dans toute cette région du Ferganah et du Turkestan, présente le caractère le plus typique et le plus développé d'un captage complet d'une rivière importante, pour les besoins de la culture.

La figure 3 *(Pl. 36)*, extraite de la carte de l'état-major russe, à l'échelle de 10 verstes par pouce anglais (environ 1/40000) montre le curieux appareil hydraulique qui constitue la rivière de Soh à son débouché au sud de Kokand. On voit sur le même plan, un peu à l'est de cette rivière, un autre cours d'eau arrosant les riches campagnes desservies par la station de Makhram sur le chemin de fer de Samarcande à Andidjan. Il présente exactement le même phénomène que la rivière de Soh.

En fait, sur un parcours d'environ 150 *km*, nous avons pu assister à la naissance de la rivière de Soh, à sa sortie du glacier du Karakouch-Kana; elle s'est gonflée sous nos yeux de tous les affluents, plus ou moins tumultueux qui descendent en grondant des glaciers adjacents et nous avons suivi, encaissée dans la vallée glaciaire qui le contient jusqu'à son arrivée en plaine, ce cours d'eau vraiment paradoxal.

Tout à coup, au débouché des montagnes, le tableau change subitement. Un immense océan de verdure paraissant à l'œil d'une horizontalité parfaite, mais ayant, en réalité, une pente longitudinale assez forte, comme l'indiquent les cotes que j'ai figurées sur le plan, forme, avec les déserts pierreux qui l'environnent, un délicieux contraste, sous le ciel brûlant et sans nuages qui surplombe. C'est l'oasis de Kokand, dans lequel l'œil du géologue reconnaît immédiatement le cône de déjection, si caractéristique, d'un fleuve glaciaire. C'est un spectacle vraiment grandiose que de voir ces grands phénomènes naturels d'érosions glaciaires utilisés et asservis par l'homme grâce à des moyens aussi simples qu'ingénieux.

Des milliers de canaux, ramifiés à l'infini, portent sur tous les points de cette vaste nappe alluvionnaire, la fertilité et la vie. Sur tous ces loess nourriciers, qui bordent d'un manteau continu la chaîne de l'Alaï et qui portent, au Turkestan aussi bien que sur les bords du Pei-ho, le nom caractéristique de « Terres jaunes », une végétation luxuriante apparaît dès que cet élément indispensable qui s'appelle l'humidité, vient y réveiller l'énergie vitale qu'elles contiennent. Elles ne livrent leurs trésors, sous ces climats continentaux de siccité extrême, que lorsque intervient le facteur précieux entre tous : l'eau !

« Là où il y a de la terre jaune et de l'eau naît un Sarte », dit à juste titre le proverbe Ouzbeg, et dans sa concision il est d'une vérité saisissante : le Sarte, agriculteur-né, recherche avec avidité les endroits irrigués ou irrigables sur lesquels il est assuré de pouvoir, avec un effort extrêmement restreint, et sur une surface limitée, se procurer les aliments nécessaires à sa très frugale existence. Involontairement, le voyageur rapproche dans son esprit ces conditions d'existence de celles du fellah égyptien. L'un et l'autre de ces agriculteurs ne vit que par l'eau bienfaisante : mêmes mœurs, mêmes usages, même religion et mêmes habitations ; car tous les peuples vivant sur des limons fertiles se construisent des murs en pisé, qu'ils empruntent aussi à la terre nourricière, en la mélangeant de paille.

Le climat du Turkestan est plein de bizarreries. L'été y est aussi chaud qu'à Biskra, mais en hiver on y note fréquemment des froids descendant jusqu'à 12 et 15° au-dessous de zéro et la neige, à Tachkent, séjourne sur le sol pendant plus de deux mois. Une autre caractéristique, qui est justement la raison d'être des irrigations, c'est l'extrême siccité de l'été : depuis les premiers jours

de Mai jusqu'au mois d'Octobre, il ne tombe pas une goutte d'eau. Notons en passant que c'est grâce à ce phénomène que la culture du coton réussit à merveille, car les capsules, en s'ouvrant au moment de la maturité, souffrent beaucoup d'une pluie, même légère.

En réalité, le Ferganah ne vit que parce qu'il est entouré d'une ceinture de glaciers dont descendent une série de rivières toutes captées soigneusement jusqu'à la dernière goutte à leur débouché sur leurs cônes de déjection respectifs, marqués chacun par une oasis. Aucune d'elles n'arrive jusqu'à Sir Daria, leur exutoire naturel : leur débit total est absorbé en route.

Le plus important de tous ces cours d'eau, le Zarafchan, donne naissance, dans des conditions identiques, d'abord à l'oasis de Samarcande et, plus en aval, à celle de Boukhara. Toute l'histoire politique de ces deux Khanats, les guerres incessantes que se sont livrées leurs Émirs, ont toujours eu pour raison, apparente ou cachée, la question d'eau, qui était en effet pour eux la question vitale.

C'est justement à l'époque où les besoins d'eau sont les plus urgents, c'est-à-dire pendant la période des chaleurs que les cours d'eau nourriciers, alimentés par la fonte des neiges, atteignent le maximum de leur débit. Aux années les plus chaudes correspondent les plus copieuses irrigations.

Il s'est naturellement créé, pour régler entre intéressés les litiges qu'entraînent fréquemment des droits d'eau aussi multipliés, des organisations judiciaires spéciales que les Russes ont soigneusement respectées. Ces règlements vénérables, dont l'origine se perd dans la nuit des temps, régissent l'emploi et la distribution des eaux bienfaisantes.

On y retrouve les mêmes prescriptions, les mêmes jugements par arbitres élus que dans la « Huerta » de Valence, ou chez nos vieux « aiguadiers » de Provence. Il y a là toute une série de rapprochements et de comparaisons, dans le détail desquels je ne puis entrer ici, mais qui sont du plus haut intérêt au point de vue de l'histoire des pays qui vivent d'arrosage, c'est-à-dire de tous nos rivages méditerranéens. Je dois me borner ici à cette indication.

Les Russes ont commencé, dès les premiers temps de la conquête, à s'occuper de l'irrigation de leurs nouvelles possessions et ils l'ont fait avec une persévérance, un esprit de suite, dont ils recueillent dès à présent les fruits. Étant donné qu'il n'y a

pas d'agriculture possible sans eau, et que tous les terrains déjà irrigués étaient occupés par les Sartes, c'est-à-dire par la race indigène, il fallait créer, pour l'élément russe qu'on se proposait d'introduire, un nouveau réseau d'irrigation, emprunté à dss sources encore non aménagées et mettre à la disposition des nouveaux venus à la fois, la terre et l'eau.

En agissant ainsi, les Russes ont appliqué excellemment un double principe qu'il importe de bien mettre en évidence :

1° Respect par les conquérants des droits acquis par le peuple conquis. *Aucune dépossession des terrains, irrigués ou non*, possédés cependant sans aucun titre que la simple occupation, sous prétexte d'en nantir les nouveaux venus plus aptes (?) que les précédents à tirer parti des terrains en question. On a évité ainsi la question agraire et ses funestes conséquences. Je connais des pays, de l'autre côté de la Méditerranée, où on n'a pas agi avec la même sagesse ;

2° Ne pas séparer la terre de l'eau. *Le droit à la terre entraîne la jouissance de l'eau.* Pas d'intérêt interposé sous forme de Société fermière ou concessionnaire. Les travaux d'aménagement exécutés aux frais de l'État, puis vente, à très bas prix, des terrains irrigués ainsi préparés, aux immigrants russes, par lots ne dépassant pas un certain maximum, avec mesures pour éviter l'accaparement.

Les travaux d'irrigation exécutés dans ces derniers temps par les Russes ont porté d'abord sur l'oasis de Merv.

Le barrage de Mourghab, exécuté dans cette région *(Pl. 37, fig. 12)*, relève d'environ 12 *m* le plan d'eau et qui permet ainsi d'atteindre des terrains inutilisés jusqu'ici par les habitants du pays. La surface irriguée par ce barrage est de 42 000 *ha.* Ces eaux étaient, antérieurement, entièrement perdues.

Un autre grand travail, dont le coût total sera environ de deux millions et demi de roubles, s'applique à une surface prélevée carrément sur l'immense plaine salée s'étendant à l'ouest de la ligne de Tachkent et qui porte le nom caractéristique de « Golodnaya-stiép » (steppe de la faim). C'est ce qui peut s'appeler prendre le taureau par les cornes et attaquer la question sur la base d'une large application. Néanmoins, avant de procéder à l'exécution de travaux aussi importants, on a fait un essai en petit, au moyen de dérivations, d'importance secondaire, et les résultats que je condense en deux photographies prises au même

endroit, avant et après l'irrigation, à sept années de distance *(fig. 13 et 14, Pl. 37)*, sont, je pense, plus éloquentes que n'importe quel texte. La dernière de ces deux vues représente la ferme appartenant à Sa Majesté l'Empereur Nicolas II, vue prise en 1899. La précédente est le même endroit, photographié en 1892, avant l'adduction de l'eau.

Les travaux en cours d'exécution ont pour but l'irrigation de 45 000 *ha*, formant une sorte de grand triangle, compris entre le cours du Sir-Daria, la ligne du chemin de fer et le canal principal d'amenée, indiqué sur le plan d'ensemble *(fig. 1, Pl. 36)*. On a commencé par exécuter, il y a déjà quelques années, un canal de dérivation dont le plan d'eau ne commandait qu'une surface restreinte et qui aboutissait à une sorte de lagune. Même réduit à ce squelette, il a produit un effet immédiat et de nombreux Khirgizes sont venus avec leurs troupeaux se fixer spontanément sur les bords de ce marécage artificiel.

Les travaux sont exécutés par les soins et aux frais du service du domaine, que dirige, à Saint-Pétersbourg, avec une distinction et une compétence hors de pair, Son Excellence M. Yermoloff, Ministre de l'Agriculture et des Domaines. Ce service comprend, à Tachkent, une direction générale confiée à M. Lazarewski assisté de deux Ingénieurs divisionnaires, MM. Psareff et Kriouttchenko. Je dois à ce dernier toute une série de renseignements des plus intéressants sur le mode d'exécution de ces travaux d'hydraulique agricole et l'amabilité de ce Collègue, que je remercie publiquement ici, n'était égalée que par sa satisfaction de voir un Ingénieur étranger porter un intérêt aussi grand aux travaux qu'il exécute.

Les grandes lignes du projet en cours d'exécution sont les suivantes :

Reporter la prise d'eau sur le Sir-Daria, à 40 *km* en amont de la dérivation actuelle, en face de la station Khilkovo, de manière à élever le plan d'eau dans le canal dit de « l'Empereur Nicolas Ier », dont j'ai parlé plus haut, et à commander ainsi la totalité des 45 000 *ha*, pente longitudinale des canaux comprise, car il fait éviter soigneusement le dépôt des limons dans le canal d'amenée et dans les distributeurs principaux, en leur donnant le plus de pente possible. Ces dépôts entraînent, non seulement des frais de repurgement annuels élevés, mais ils font perdre aux eaux la majeure partie de leurs éléments fertilisants.

La section type du canal d'amenée est la suivante :

Largeur au plan d'eau . .	12,50 sagènes.	26,65 *m*
Largeur au plafond. . . .	8,10 —	19,20
Profondeur d'eau du canal	1,35 —	2,75
Section d'écoulement. . .	13,90 sag. car.	63,30 m^2
Pente du plafond.	1/10 000	1/10 000
Pente des berges.	1/1,50	1/1,50
Vitesse par seconde . . .	2 pds 1/2	0,76 *m*
Débit par seconde		47 880 *l*

C'est, comme on le voit, la formule du « *litre par seconde et par hectare* » qui a été prise comme base, ainsi que nous le faisons nous-mêmes dans nos irrigations du midi de la France et de l'Algérie.

La seule critique à adresser à ce canal, c'est sa médiocre profondeur par rapport à sa largeur. Il y aura certainement de gros mécomptes causés par le dépôt des troubles dans le canal principal surtout dans les sections en courbe, mais je reconnais qu'il était difficile de trouver une autre solution, à moins d'aller prendre l'eau plus haut encore, ce qui eût entraîné des frais supplémentaires hors de proportion avec le but à atteindre. Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que les eaux du Sir-Daria et de l'Amou-Daria coulant la plupart du temps dans les terrains crétacrés et tertiaires, qui sont très friables, sont toujours très troubles. En outre, les montagnes sont à peu près dénuées de toute végétation, conséquence des habitudes pastorales de la population et des abus de dépaissance dans les terres vaines et vagues. Cette situation est encore aggravée par l'absence totale de combustible dans le pays, ce qui fait que les indigènes s'acharnent à couper les maigres broussailles jusqu'à la racine et qu'ils arrachent même les souches pour se chauffer en hiver. Dans ces conditions, il n'y a rien d'étonnant que les fleuves et rivières du pays soient sujets à des crues subites.

Je crois aussi que la formule du litre par seconde sera insuffisante dans ces pays brûlants et constamment secs. L'évaporation superficielle, même si les irrigations sont faites la nuit, et la déperdition d'humidité par les feuilles sont énormes sous ces climats privés de rosée.

Ces inconvénients se sont d'ailleurs fait sentir de tout temps dans les réseaux d'arrosage créés par les Sartes, et le spectacle devient banal tant il est fréquent, de vastes terrains irrigables,

abandonnés par les exploitants. En voici la raison : ils ont fini, en repurgeant chaque année leurs canaux d'amenée, par déposer sur leurs bords des cavaliers de limon de plus en plus élevés. Il a fallu abandonner ces ariks, devenus tout à fait « incurables » pour les faibles moyens d'action manuels dont disposent les indigènes usagers.

Les eaux du Sir-Daria et de l'Amou-Daria contiennent, pendant toute la saison des fontes de neige 3 *g* à 3,5 *g* de limon par litre. A ma connaissance, le Rhône seul, pendant ses grandes crues de printemps, atteint chez nous des chiffres semblables.

Un enseignement me paraît ressortir de cet exposé pour la conduite des travaux similaires, non seulement dans nos Colonies, mais aussi et peut-être surtout en France. Nous avons une déplorable tendance, lorsque des crédits sont affectés à des entreprises de ce genre, à les éparpiller de façon à donner satisfaction au plus grand nombre d'intérêts électoraux possible. Ce sont des préoccupations de ce genre qui nous empêchent de conserver une saine appréciation des véritables intérêts généraux du pays. Elles paraissent bien mesquines et bien indignes d'un grand pays quand on les examine froidement.

Nous en avons fait, notamment, la triste expérience dans les dépenses improductives que nous avons englouties dans un grand nombre de petits ports en France et en Algérie, qui n'ont et qui ne peuvent avoir aucune espèce d'avenir. C'est un véritable gaspillage d'argent au détriment du petit nombre de ports bien placés qui, munis d'un outillage moderne, suffiraient à la vie industrielle et commerciale du pays.

La récolte de coton marchand décortiqué et dépouillé de ses graines, préparé, en un mot, pour son emploi en filature, a atteint, en 1901, le chiffre de 4 millions de pouds (1 poud = 16,381 *kg*), représentant une valeur de 40 millions de roubles (1 rouble = 2,66 *f*), soit environ, en chiffres ronds, 106 millions de francs. Cette somme représente les trois cinquièmes de la valeur du coton brut consommé annuellement dans l'Empire. Inutile d'ajouter que les importations américaines de cette matière première, en Russie, ont diminué d'autant *(fig. 37, Pl. 11)*.

Ces chiffres se passent de commentaires.

Il suffit de voyager un peu dans ces pays neufs, de voir la foule bigarrée et pittoresque qui assiège le train à son passage journalier *(Pl. 37, fig. 3)* et le mouvement constamment ascendant des recettes de la ligne du chemin de fer; d'entendre les

plaintes des chargeurs, toujours à court de wagons pour expédier leurs produits, pour comprendre la vigueur de l'élan qui a été ainsi donné à ces pays, nés d'hier, à la vie moderne. Quels enseignements n'avons-nous pas à en tirer pour l'impulsion à donner à nos propres Colonies?

Je devrais, pour être complet, parler aussi de la culture de la vigne qui tient une grande place dans les terrains irrigués occupés par les Sartes, ainsi que d'une autre production agricole dans laquelle un certain nombre de nos nationaux ont pris une place prépondérante : c'est celle de la soie. Toute la Boukharie et tout le Turkestan sont plantés de mûriers blancs. C'est l'arbre habituel qui accompagne les limites des champs et qui marque sur l'horizon le cours des « ariks » (nom général de tous les canaux d'arrosage) dans les campagnes. Nos grandes maisons de soieries de Lyon envoient chaque année des acheteurs pendant la saison des cocons.

La vente aux Sartes des graines sélectionnées, qui constitue une branche très rémunératrice de l'industrie séricicole, quand les prix ne sont pas gâtés par une concurrence intempestive, est aussi presque entièrement concentrée dans des mains françaises. Ce n'est que justice, car c'est un grand Français, Pasteur, qui a ressuscité la sériciculture par la sélection.

Conclusions.

Quant aux conclusions à tirer de cette étude, je les ai fait pressentir en traitant les points successifs qui ont fait l'objet de cette communication, mais on peut les résumer brièvement de la manière suivante :

Dans la création de leur réseau asiatique les Russes poursuivent, avec une énergie, un esprit de suite et une activité admirables, un but politique et militaire dont un avenir assez prochain garde le secret mais qui éclate aux yeux des moins clairvoyants.

La création des chemins de fer exécutés dans ce but, a non seulement facilité l'éclosion de besoins économiques nouveaux déjà pressentis, mais en a suscité d'autres dont on n'avait pas soupçonné la possibilité avant l'exécution du réseau. Tel est le cas de l'extension de la culture du coton au Turkestan. L'organe a provoqué le besoin.

A un autre point de vue, l'assimilation graduelle et irrésistible

des pays ainsi pénétrés par la civilisation russe est basée sur deux principes, dont toutes les nations qui cherchent réellement à résoudre le problème de la colonisation doivent méditer et tirer profit.

Le premier est de respecter absolument chez les peuples conquis, les mœurs, les usages, les croyances, les droits acquis et de leur assurer la justice ainsi que la tranquille possession de leurs biens.

Le second point, non moins essentiel, est de ne livrer à la colonisation que les terres qui ne sont, de la part de la population autochtone, l'objet d'aucune appropriation spéciale, de manière à éviter l'éclosion des questions agraires, toujours brûlantes et si difficiles à calmer.

Telle est l'impression générale que je serais heureux de pouvoir laisser dans vos esprits, au terme de l'exposé, forcément succinct que je viens de faire. Les grandes questions qui s'agitent actuellement en Asie Centrale, ne peuvent pas et ne doivent pas nous laisser indifférents. J'ai essayé de les esquisser; à vous maintenant de les répandre au dehors. Notre pays ne s'intéresse pas comme il devrait le faire, aux questions de ce genre, parce qu'il les connait insuffisamment et qu'on les lui présente sous un jour lointain, comme une chose n'ayant pas de but pratique et immédiat. C'est à une élite éclairée, comme celle à laquelle je m'adresse, qu'il convient de faire, en faveur des idées que j'ai exposées, une active propagande. Aussi je suis heureux, en terminant, d'adresser à notre Bureau, mes sincères remerciements pour l'occasion qu'il m'a procurée en m'accordant ici la parole. Par son mode de recrutement grâce aux bases larges et libérales qui procèdent au choix de ses membres, notre Société est mieux placée qu'aucun autre groupement scientifique pour faire prévaloir les principes fondamentaux qui assurent le succès des nations civilisatrices.

RÉSULTATS OBTENUS A LA COMPAGNIE DE L'EST
JUSQU'AU 1er OCTOBRE 1902

PAR L'EMPLOI DE TIROIRS CYLINDRIQUES
SUR LES

LOCOMOTIVES COMPOUND A QUATRE CYLINDRES (1)

PAR

M. L.-Ch.-M. PELLETIER

La présente étude expose quels sont les résultats obtenus jusqu'à ce jour, à la Compagnie de l'Est, par l'emploi de tiroirs cylindriques sur les locomotives compound à quatre cylindres.

Nous examinerons successivement :

D'abord, quelles ont été les considérations qui ont conduit à envisager l'éventualité de l'emploi de tiroirs cylindriques sur ces locomotives;

Ensuite, quelles ont été les dispositions adoptées;

Enfin, quels sont actuellement les résultats obtenus.

I. — Considérations ayant conduit à envisager l'emploi de tiroirs cylindriques.

Ces considérations ont été provoquées par l'examen de diagrammes d'indicateur relevés en décembre 1899 et janvier 1900, sur une des machines de la Compagnie de l'Est, à trois essieux accouplés (roues de 1,75 *m*), compound quatre cylindres (n° 3416).

Les principaux éléments de cette machine étaient les suivants :

Surface de grille	2,51 m^2
Surface de chauffe totale	205,31 m^2
Pression de régime	15 *kg*
Diamètre des cylindres H. P.	35 *cm*
Diamètre des cylindres B. P.	55 *cm*
Course des pistons H. P. et B. P.	64 *cm*
Poids total en charge	65 500 *kg*
Poids adhérent	47 000 *kg*

(1) Voir planches nos 38, 39 et 40.

La mise en service des premières machines de ce type datait alors du second semestre 1898 et la pratique de leur emploi avait attiré l'attention, d'abord sur les grands avantages de puissance et d'économie dûs au système compound, mais aussi sur certains points qui paraissaient pouvoir être éclaircis ou améliorés, savoir principalement sur les trois suivants :

1° Le fonctionnement des machines compound semblait moins avantageux aux grandes vitesses qu'aux vitesses modérées;

2° L'action de l'échappement sur la combustion était moins franche que sur les machines à simple expansion ; elle devient faible principalement quand la pression au réservoir intermédiaire est basse (inférieure à 2 *kg* ou 2,500 *kg* environ);

3° Il était nécessaire, pour obtenir la liberté d'allure de la machine, de ne pas donner aux grands cylindres des admissions inférieures à 60 0/0 environ.

Ces constatations n'avaient rien d'ailleurs de spécial aux machines de la Compagnie de l'Est. Elles ont été faites, je crois, un peu partout.

Les deux derniers points conduisaient à chercher à réaliser, en pratique, des conditions en apparence contradictoires.

En effet, la nécessité d'augmenter l'admission B. P. pour donner de la liberté d'allure à la machine, a pour conséquence précisément de faire baisser la pression au réservoir intermédiaire, ce qui est contraire au desideratum concernant l'action de l'échappement sur la combustion, action qui s'améliore quand la pression au réservoir augmente.

En outre, on sait que le fait de ne pouvoir diminuer suffisamment l'introduction aux cylindres B. P., a l'inconvénient de s'opposer à une répartition convenable du travail entre les cylindres et d'augmenter le travail fourni par les petits cylindres en réduisant celui des grands.

Or, l'examen des diagrammes relevés sur la machine n° 3416 a fait penser que les sections de passage offertes à la vapeur devenaient trop faibles quand on atteignait de grandes vitesses, ou pour mieux dire, de grandes vitesses de rotation; car c'est en réalité le nombre de tours par minute qui doit être envisagé dans cette question du flux de la vapeur à travers les orifices, bien plutôt que la vitesse réalisée sur la voie, vitesse qui, pour un nombre de tours donné par minute de la machine, dépend du diamètre des roues.

Les éléments de la distribution de la machine n° 3416 (du système Walschaert) se trouvaient, aux cours des essais de décembre 1899 et janvier 1900, être aux principaux crans de marche les suivants, d'après des relevés faits sur la locomotive même et à chaud :

RÉGULATION DE LA MACHINE N° 3416 AU COURS DES ESSAIS DE DÉCEMBRE 1899 ET JANVIER 1900.

Longueur utile des orifices	H. P.	270 *mm*
	B. P.	420 *mm*
Hauteur des orifices.	H. P.	35 *mm*
	B. P.	40 *mm*
Volume des espaces morts en 0/0 du volume engendré par le piston	H. P.	18 0/0
	B. P.	12 0/0
Recouvrements à l'admission.	H. P.	27 *mm*
	B. P.	26 *mm*
Découvrements à l'échappement	H. P.	1 *mm*
	B. P.	11 *mm*

	H. P.		B. P.	
Introduction.	33 0/0	53 0/0	53 0/0	80 0/0
Durée de la détente	37 0/0	29 0/0	17 0/0	9 0/0
Avance à l'échappement	30 0/0	18 0/0	29 0/0	12 0/0
Compression totale (y compris l'avance à l'admission)	27 0/0	16,50/0	9,50/0	3,50/0
Avance linéaire . . . . *mm*	7,5 et 4,5	7,5 et 4,5	10 et 7	10 et 8
Ouverture maximum de l'orifice à l'admission . . . . *mm*	10	17	18	en grand
Ouverture maximum de l'orifice à l'échappement	en grand	en grand	en grand	en grand

On voit que les avances à l'échappement, principalement pour les tiroirs B. P., étaient considérables et les périodes géométriques de compression relativement faibles pour une distribution par tiroir ordinaire. En outre, les espaces morts sont, sur ces machines, relativement importants.

Malgré ces éléments favorables, les courbes relevées à l'indicateur ont montré que l'évacuation des grands cylindres ne se faisait pas dans des conditions satisfaisantes et, qu'en particulier,

on ne pouvait attribuer, en vitesse, aux cylindres B. P. des introductions notablement inférieures à 60 0/0, sans provoquer dans ces cylindres des compressions anormales, qui élevaient au-dessus de la pression du réservoir intermédiaire, la pression de la vapeur comprimée et s'opposaient ainsi à la liberté d'allure de la machine.

Déjà, au cours d'expériences exécutées en juillet 1899 sur la même machine n° 3416, il avait été constaté que l'échappement de la vapeur des grands cylindres se faisait difficilement, et on avait été conduit pour améliorer cet échappement, à augmenter considérablement le découvrement des tiroirs B. P.; ce découvrement avait été porté à la valeur élevée de 11 *mm*.

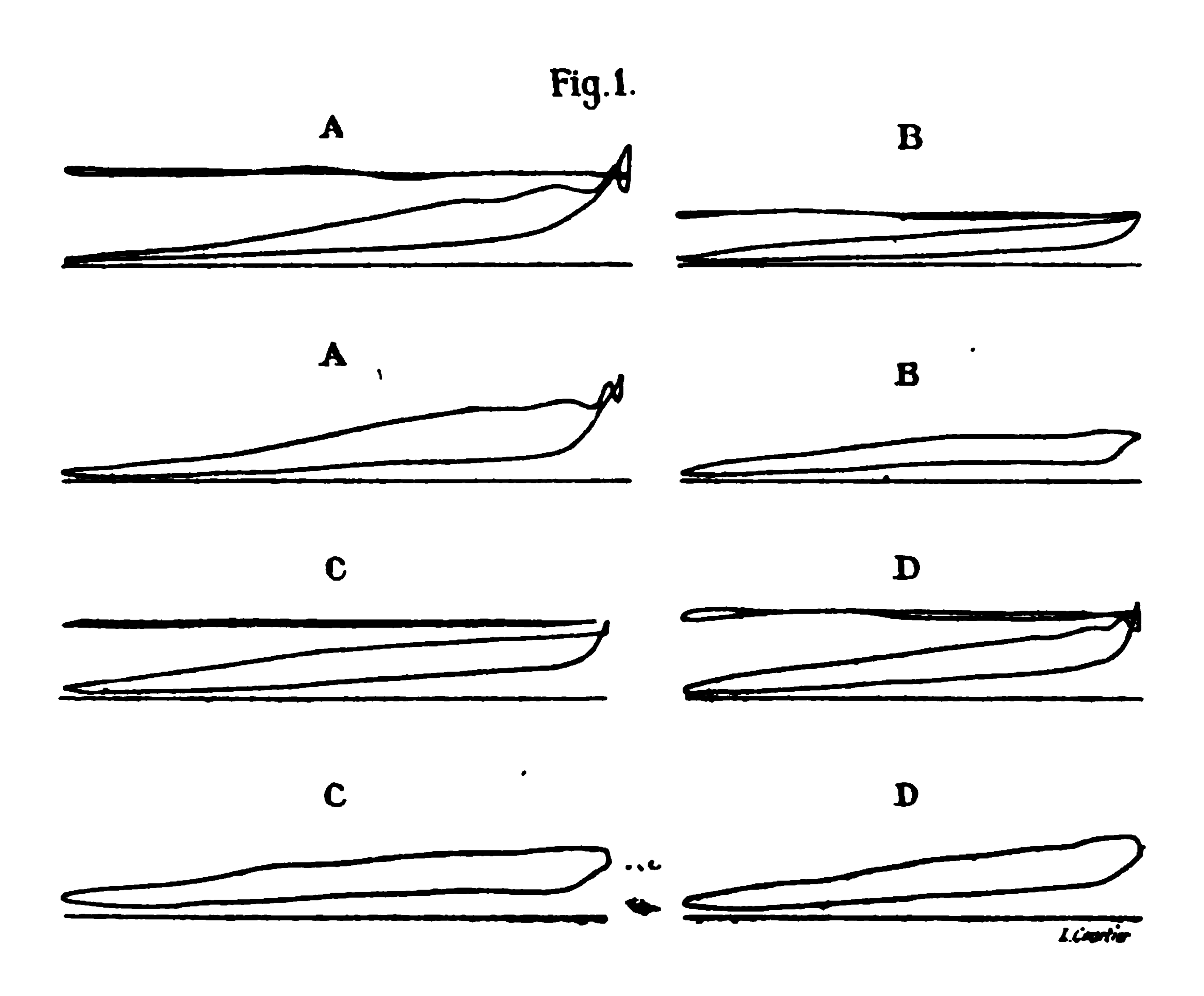
L'augmentation du découvrement a l'inconvénient de mettre pendant un temps notable en communication l'une avec l'autre, les deux faces du piston. Il semble que ce procédé, quand il est poussé aussi loin, soit un palliatif plutôt qu'un remède à l'inconvénient constaté, inconvénient consistant, en somme, en une évacuation insuffisante de la vapeur détendue.

On peut voir, en particulier, sur la figure 1, deux diagrammes A relevés entre autres aux essais de juillet 1899; la distribution était à peu près identique à celle dont les éléments viennent d'être indiqués. Ces diagrammes ont été relevés sur un cylindre B. P. avec une introduction de 45 0/0 et à la vitesse relativement modérée de 79 *km* à l'heure, correspondant à un nombre de tours par minute de 240 environ (roues de 1,75 *m*). On voit que ces diagrammes présentent une boucle, indice d'une compression exagérée, s'opposant à l'emploi d'introductions réduites. (Les oscillations de la courbe d'admission sont dues au fonctionnement un peu défectueux de l'indicateur qui était d'un type déjà ancien).

Sur la même figure on peut voir des courbes relevées en décembre 1899 sur un grand cylindre de la même machine 3416, avec des introductions égales cette fois à 65 0/0 et à des vitesses relativement peu élevées. Les deux premières (B) ont été prises à une vitesse de 79 *km* (240 tours), les deux secondes (C) à la vitesse de 84,5 *km* (257 tours). Grâce à l'emploi d'une grande introduction et à la vitesse modérée, les compressions ne se produisent plus sensiblement; mais l'allure de ces courbes est peu franche; on n'y lit pas les différentes phases de la distribution : en particulier, on n'y distingue pas la fin de la période d'admission (la partie supérieure de la courbe étant presque

Machine 3416.	A	B	C	D
Vitesse en kilomètres à l'heure. .	79	79,2	84,5	90
Nombre de tours correspondants par minute	240	240	257	276
Introduction. 0/0	45	65	65	60
Pression moyenne au réservoir intermédiaire . . . . . . *kg*	2,300	1,400	2,100	2,400
Section de l'échappement. . *dm*²	»	1,60	1,40	2,70
Section maximum des orifices *dm*²	1,60	1,60	1,60	1,60

Fig. 1.



droite) ; quant à la partie de la courbe correspondant à l'échappement, elle a une allure montante qui indique que la vapeur ne s'échappe pas librement et se trouve progressivement comprimée par le piston, cela presque au début de la course de retour du piston, bien avant que la période réelle de compression due à la fermeture de l'orifice par le tiroir, ne soit commencée : avec l'introduction de 65 0/0, l'orifice reste ouvert en grand à l'échappement environ pendant les 2/3 de la course de retour du piston ; or, la courbe commence à remonter peu après le fond de course, dès que le piston accélère de vitesse ; d'autre part, la section des orifices ouverts en grand est, sur les machines de ce type, de 1,68 dm^2 ; étant donné le serrage des valves de l'échappement au moment du relevé de ces courbes, la section de la tuyère de l'échappement (dont le maximum est égal à 2,83 dm^2) se trouvait réduite précisément à 1,6 dm^2 environ. Elle ne produisait donc pas d'étranglement et on est ainsi conduit à conclure que les sections offertes par les orifices au passage de la vapeur sont trop faibles. Les courbes suivantes (D), relevées le 16 décembre 1899, sont encore plus concluantes : elles sont prises sur un grand cylindre à 60 0/0 d'introduction et 276 tours (90 *km* à l'heure), les valves d'échappement complètement desserrées et les conduits d'échappement offrant ainsi au passage de la vapeur leur section maximum de 2,73 dm^2, bien supérieure à la section maximum de 1,68 dm^2 des orifices. Ces courbes présentent un aspect défectueux et la partie correspondant à la période d'échappement présente cette allure montante, indice d'une insuffisance des passages de vapeur.

Naturellement ces diagrammes ne sont pas des exceptions ; ils ont été pris parmi d'autres révélant des faits analogues.

Sur les diagrammes des cylindres H. P., on a fait des constatations du même genre ; en particulier aux nombres de tours dépassant 250 environ, la partie de la courbe correspondant à la période d'admission devient fortement inclinée, indice d'une résistance notable opposée au flux de la vapeur. Nous en trouverons plus loin des exemples recueillis sur une machine analogue.

Si maintenant l'on considère le rapport des puissances développées dans les cylindres H. P. et B. P., à la puissance totale de la locomotive, on constate que cette puissance reste mal partagée entre les cylindres tant que l'on ne donne pas aux grands cylindres une introduction notablement inférieure à 60 0/0. Ce fait

est connu. Nous rappellerons seulement que lors des essais de la machine 3416, en maintenant l'introduction H. P. aux environs de 60 à 65 0/0, qui sont les crans de marche pratiques sur ces machines, le travail des grands cylindres, lors de la remorque de trains pesant de 200 à 240 *t* (locomotive et tender non compris) et marchant à une vitesse moyenne de 70 à 75 *km* à l'heure, n'a pas dépassé 35 0/0 en moyenne du travail total de la locomotive, le reste étant fourni par les petits cylindres et la puissance *moyenne* totale développée variant de 600 à 800 *ch* environ.

En résumé, les trois points visés plus haut, savoir :

1° Fonctionnement général moins avantageux des machines compound aux grands nombres de tours ;

2° Tirage moins efficace principalement à ces vitesses ;

3° Difficultés pratiques de diminuer l'introduction B. P. au-dessous de 60 0/0, d'où inégale répartition du travail entre les cylindres et trop faible pression au réservoir intermédiaire, principalement aux puissances modérées ou aux grands nombres de tours,

se ramenaient à la question de l'insuffisance des passages de vapeur ; c'est cette insuffisance :

1° Qui altérait aux grands nombres de tours le fonctionnement normal de tout l'appareil, en altérant les diagrammes et en retirant à la machine la facilité de *courir* ;

2° C'est cette insuffisance qui diminuait le tirage en amortissant la vitesse de la vapeur d'échappement, alors que, cette vapeur étant plus détendue que dans les machines à simple expansion, elle occupe un plus grand volume et a besoin de plus grands passages ;

3° C'est encore cette insuffisance qui provoquait les compressions exagérées et, par suite, empêchait de diminuer aux grandes vitesses l'introduction B. P. au-dessous de 60 0/0 environ.

Il peut sembler, d'autre part, intéressant de chercher à réaliser des locomotives de vitesse, munies de roues d'un diamètre relativement moyen et tournant vite ; l'emploi de roues de grand diamètre rend plus difficile l'installation de la chaudière et plus délicat l'accouplement de trois paires de roues ; il ne facilite donc pas l'augmentation de l'adhérence ; à pression, course et cylindres égaux, il diminue l'effort de traction ; or, on est rapidement limité sur les locomotives pour le choix des diamètres et de la course des cylindres, et, par contre, il y a grand

intérêt pour la remorque des trains lourds, à opérer des démarrages rapides et à monter les rampes en vitesse, c'est-à-dire à obtenir une grande adhérence et de grands efforts de traction.

Pour réaliser de grandes vitesses de rotation, il faut améliorer la circulation de la vapeur.

On pouvait, soit donner aux lumières une hauteur plus grande et augmenter la course du tiroir, ce qui augmentait *la vitesse d'ouverture* des orifices, point important, en même temps que leur ouverture maximum ; ou bien on pouvait, sans changer la course, augmenter la longueur des orifices. La première solution avait l'inconvénient d'augmenter le travail de frottement des tiroirs, et de conduire à l'emploi d'un mouvement de distribution plus encombrant et composé de pièces ayant à subir de plus grands efforts et de plus grands déplacements. La deuxième solution permettait de conserver le même tracé géométrique des organes de distribution ; elle conduisait, toutefois, à l'emploi de tiroirs plans de grandes dimensions, devenant encombrants et lourds, développant un travail de frottement considérable et nécessitant le renforcement des organes de commande.

L'emploi de tiroirs plans, équilibrés et munis d'un système de compensation à barrettes genre américain, essayé il y a quelques années à la Compagnie de l'Est, n'avait, d'autre part, point donné des résultats bien encourageants. L'adoption de tiroirs cylindriques semblait donc devoir permettre de réaliser l'augmentation de la longueur des lumières tout en diminuant le travail de frottement.

Nous rappellerons ici que, dès l'année 1880, M. l'Inspecteur général Ricour a appliqué des tiroirs cylindriques à des locomotives du réseau de l'État, à simple expansion, et que ces tiroirs ont donné satisfaction.

C'est au cours de l'année 1899 qu'a été entreprise l'étude de l'application de tiroirs cylindriques, d'abord à deux locomotives compound G. V., quatre cylindres, de la série 2401 à 2432 (deux essieux couplés, roues de 2,05 *m*), série alors en construction aux ateliers d'Épernay, et ensuite à vingt locomotives compound (trois essieux couplés, roues de 1,75 *m*), dont le programme de construction faisait suite à celui des locomotives G. V. alors en cours d'exécution.

Les deux locomotives G. V. devaient servir de champ d'expériences pour déterminer les dispositions définitives à adopter sur les vingt locomotives à construire ensuite. C'est, d'ailleurs,

sur ces dernières que l'emploi de tiroirs cylindriques était le plus intéressant, puisque c'étaient des machines à plus petites roues, c'est-à-dire appelées à tourner plus vite, pour réaliser des vitesses élevées sur la ligne.

II. — **Dispositions adoptées.**

Les machines d'essai, portant les n[os] 2421 et 2422, sont des machines G. V. à deux essieux couplés et bogie, du type connu compound, quatre cylindres, et dont les éléments principaux sont les suivants :

Surface de grille.	2,52 *m*²
Surface de chauffe totale	207,00 *m*²
Pression de régime	15 *kg*
Diamètre des cylindres H. P.	35 *cm*
— — B. P.	55 *cm*
Course des pistons H. P.	64 *cm*
— — B. P.	66 *cm*
Diamètre des roues motrices	2,05 *m*
Poids total en charge	58 000 *kg*
— adhérent	34 000 *kg*

Elles ont reçu successivement des tiroirs munis de segments de systèmes différents qui ont donné lieu à quelques observations par insuffisance d'étanchéité, et sur lesquels nous n'insisterons pas puisqu'ils ont été abandonnés.

On décrira seulement ici les dispositions définitivement adoptées sur les vingt machines à trois essieux couplés portant les n[os] 3501 à 3520 dont le diagramme est donné planche 38 *(fig. 1)* et dont les dimensions principales sont indiquées sur les tableaux des pages 410 et suivantes.

a) Conduits de vapeur.

Un conduit de vapeur annulaire enveloppe complètement la circonférence des arêtes des distributeurs cylindriques, de facon à en utiliser complètement la périphérie *(Pl. 38, fig. 3, 7, 8, 9, 14, Pl. 39, fig. 1, 2 et 3 et Pl. 40, fig. 1 et 2)*. Ce conduit a, de chaque côté, une section croissante à partir du point à peu près diamétralement opposé au milieu du conduit se rendant au cylindre, de façon à tenir compte de ce fait que le poids de vapeur qui traverse chaque section du conduit annulaire, est constamment croissant à me-

sure que l'on approche du cylindre. La largeur du conduit est constante, c'est sa hauteur qui est progressivement croissante.

Les chemises dans lesquelles glissent les tiroirs sont des chemises rapportées. On a préféré ce système au système qui aurait consisté à faire venir de fonte avec la boite à tiroir, les portées des obturateurs, parce que le fraisage des bords des orifices eût été difficile à faire sur place et aussi pour conserver la latitude, si le besoin s'en faisait sentir à la longue, de remplacer les chemises qui manifesteraient de l'usure. Les résultats obtenus jusqu'ici font penser, actuellement, que ce remplacement des chemises ne sera nécessaire, s'il le devient toutefois, que dans un avenir très éloigné.

Il y a deux chemises par tiroir, une à chaque portage ; ces chemises sont alésées extérieurement à un diamètre égal au diamètre d'alésage de leur portée dans la boite à vapeur, augmenté de 1/1000e de ce diamètre, de façon à obtenir un serrage. Elles ont été mises en place à froid à l'aide de tirants, les surfaces ayant été convenablement lubrifiées. Leur étanchéité dans le corps du tiroir est, en outre, garantie par deux bagues en cuivre, l'une écrasée entre un adent de la chemise et un adent de la boite à vapeur, l'autre matée dans une demi-queue d'aronde, taillée dans le bord extérieur de la chemise, mais non dans le corps de la boite à vapeur. Un goujon, vissé normalement dans le corps du tiroir, pénètre dans la chemise au voisinage du joint, côté de l'intérieur, de façon à garantir d'une façon absolue la fixation de cette chemise. De la sorte, l'immobilité de la chemise par rapport à l'enveloppe est absolue au voisinage du joint intérieur. Au contraire, l'extrémité extérieure de la chemise conserve une certaine élasticité par rapport à l'enveloppe, de façon à pouvoir céder aux dilatations. On n'a d'ailleurs, jusqu'ici, constaté en service aucun mouvement dû aux dilatations et l'étanchéité des chemises est restée absolue.

Enfin, il était nécessaire de munir les orifices des chemises de nervures destinées à empêcher les segments des tiroirs de tomber. Ces nervures ont été tracées en zigzag. Le but de ce tracé a été d'obtenir que toutes les parties des surfaces frottantes s'usent à peu près également : en effet, grâce à l'inclinaison de ces nervures, à mesure que le tiroir se déplace longitudinalement, ses points de contact avec les nervures se déplacent transversalement, et l'usure est répartie sur la périphérie. On a préféré la disposition en zigzag à celle qui aurait consisté à

placer les nervures obliques, mais parallèlement les unes aux autres, parce que pour respecter la condition d'user également toute la périphérie des segments des tiroirs, le nombre des points d'attache des nervures sur les bords des orifices eût dû être doublé par rapport au nombre obtenu avec la disposition en zigzag et que l'on eût ainsi perdu sur la longueur utile des orifices.

Dans le tracé des conduits de vapeur, on s'est appliqué à éviter que les conduits d'échappement ne soient contigus aux cylindres ou aux conduits d'admission de vapeur. C'est ainsi que pour les cylindres H. P., par exemple, le conduit d'échappement est complètement séparé des parois baignées par la vapeur chaude *(Pl. 38, fig. 7 à 11, Pl. 40, fig. 1, etc.)*.

C'est l'emploi des tiroirs cylindriques qui a permis de réaliser facilement ce desideratum. En effet, il est facile, avec ces tiroirs, de réaliser une distribution admettant par les arêtes intérieures; et c'est ce genre de distribution qui a été adopté ici. Cette disposition a permis de rejeter aux extrémités les conduits d'échappement qui, au lieu de lécher, comme dans le cas des tiroirs plans, les parois du cylindre, sont ici tracés de façon à ne les toucher en aucune façon. Pour rendre plus direct le chemin parcouru par la vapeur, les orifices ont été rejetés aussi près que possible des extrémités des cylindres. Cette disposition a conduit à bifurquer la colonne d'échappement placée dans la boîte à fumée. Ainsi qu'on le voit sur la planche 39 *(fig. 1, 2 et 3)*, cette disposition offre à la vapeur d'échappement un passage remarquablement direct et rapide vers la tuyère. En outre, les conduits de la vapeur d'échappement ne traversent pas le réservoir intermédiaire, ce qui a l'avantage de ne pas provoquer de condensations dans ce réservoir. Les conduits d'échappement de la vapeur du petit cylindre au réservoir intermédiaire sont également très directs.

Avec ces dispositions, le robinet de démarrage à boisseau cylindrique creux se plaçait tout naturellement aux côtés des tiroirs B. P. et en face de l'évacuation H. P. Il a donc été appliqué.

La vapeur qui le traverse se rend directement aux tiroirs B. P. et au réservoir intermédiaire. D'une manière générale donc, la circulation de la vapeur est améliorée par rapport aux dispositifs ordinaires grâce à l'emploi des nouveaux distributeurs.

Accessoirement, on peut rappeler que la disposition consistant à admettre par les arêtes intérieures, a encore l'avantage

de n'appliquer aux garnitures des tiges des tiroirs H. P. que la pression du réservoir intermédiaire, au lieu de la pression de la vapeur vive, et de n'appliquer aux garnitures des tiges des tiroirs B. P. aucune pression; ces garnitures se trouvant dans les conduits d'échappement peuvent alors être réduites à de simples guides.

b) Distributeurs.

Quant aux tiroirs eux-mêmes, les essais effectués sur les machines 2421 et 2422 ont conduit à choisir pour eux le système américain un peu modifié.

Ils se composent d'un corps cylindrique creux en fonte (*Pl. 38, fig. 3 à 6*), terminé à chaque extrémité par un piston venu également de fonte. Ce piston porte deux bagues élastiques en fonte analogues aux bagues de piston ordinaire. Mais le corps du tiroir n'est pas supporté par la tige; il est simplement entraîné longitudinalement par cette tige, sur laquelle il peut jouer librement dans le sens vertical; il repose donc sur les chemises par les deux pistons et cela par l'intermédiaire de deux bagues en fonte C ajustées à frottement doux sur le corps du tiroir et interposées entre les deux bagues élastiques; le tout est maintenu en place par les couronnes rapportées en acier B qui font serrage sur les bagues C, lesquelles sont ainsi fortement appuyées et étanchées sur des épaulements du corps du piston. Ce serrage se fait donc indépendamment des segments élastiques qui restent libres et peuvent être convenablement ajustés. La bague C est tournée extérieurement à un diamètre inférieur de 0,5 *mm* seulement au diamètre de la chemise. La coupure des segments est placée à la partie inférieure et repose sur une nervure droite, spécialement établie dans la chemise, visible sur la planche 38 (*fig. 8*); la bague C reposant précisément sur cette nervure, bouche la coupure et assure l'étanchéité du tiroir. Une clavette, rapportée sur la tige, empêche le tiroir de tourner; des goujons, placés entre les becs des segments, s'opposent également à leur rotation.

Ces tiroirs sont entraînés par un mécanisme Walschaert. Comme leur mouvement doit se produire en sens inverse du mouvement des tiroirs admettant par les arêtes extérieures, l'excentrique (ou le bouton de manivelle) commandant la coulisse se trouve calé à 90° environ *en arrière* de la manivelle du piston dans le sens de la marche AV, et la suspension sur le pendule de la bielle reliant

le pendule au coulisseau, se trouve *au-dessus* du point d'attache du pendule sur la tige de tiroir *(Pl. 38, fig. 1)*.

Quant au graissage, il est assuré par deux graisseurs Bourdon télescopompes à quatre départs; chaque départ aboutit à une lumière percée à la partie supérieure des chemises des tiroirs, près des lumières. Les cliquets des graisseurs sont commandés par la contre-tige des tiroirs H. P.; ils ont ainsi un mouvement angulaire proportionnel à la course du tiroir, laquelle dépend du cran d'introduction adopté.

L'expérience a montré, d'ailleurs, que ce graissage était un peu exagéré et un système plus simple sera prochainement mis à l'essai.

c) Enveloppes de vapeur.

En outre des soins apportés au tracé des conduites de vapeur, il a été appliqué à ces machines un réchauffage partiel des cylindres, afin de lutter contre les mauvais effets produits par les échanges de chaleur avec les parois soumises successivement à des températures différentes.

La planche 38 *(fig. 7, 8, 9 et 10)* montre les principales dispositions des cylindres H. P.; l'enveloppe de vapeur est venue de fonte avec le cylindre; elle n'entoure que les deux tiers environ du cylindre. La vapeur est amenée dans l'enveloppe, en un point suffisamment élevé, au moyen d'une prise de vapeur spéciale placée sur la façade AR. de la chaudière; l'eau condensée dans l'enveloppe est enlevée par un tuyau de purge placé au point le plus bas de l'enveloppe; ce tuyau est raccordé par un tuyau métallique flexible sur un tuyau du tender qui conduit l'eau évacuée des enveloppes jusqu'au-dessus du niveau supérieur de l'eau dans le tender; ce tuyau débouche dans une sorte de calotte en fonte munie d'une petite porte qui permet de surveiller le fonctionnement. Un robinet à pointeau placé à la portée du mécanicien sur le tender, permet de régler le débit du mélange d'eau et de vapeur provenant des enveloppes. La purge des enveloppes des deux cylindres H. P. aboutit sur un même pointeau de réglage. Les enveloppes H. P. sont munies d'une soupape de sûreté réglée au timbre de la chaudière. (Les fonds de cylindre sont également munis de soupapes de sûreté).

La planche 38 *(fig. 11, 12, 13 et 14)* montre les dispositions des grands cylindres; notamment l'emplacement des robinets de démarrage et des tiroirs. Elle montre également l'enveloppe par-

tielle de vapeur établie au-dessous des grands cylindres. Cette enveloppe est munie d'une soupape de sûreté réglée à 6 *kg*; elle est alimentée par une petite soupape de prise de vapeur placée sur la façade arrière de la chaudière, et dont le mécanicien règle l'ouverture de façon à ne pas faire soulever la soupape de sûreté. Ce procédé a paru suffisant sans l'emploi de détendeur automatique plus ou moins compliqué, pour permettre de régler la pression dans l'enveloppe B. P. Cette enveloppe est purgée continuellement dans le tender comme l'enveloppe H. P. et un pointeau de réglage placé sur le tender à proximité du mécanicien, permet à ce dernier de régler le débit du mélange d'eau et de vapeur provenant de l'enveloppe B. P., comme pour les enveloppes H. P.

Les fonds des cylindres ne sont pas réchauffés, mais une application de fonds réchauffés va être incessamment faite à deux machines.

Les enveloppes de vapeur sont en outre munies de robinets de purge, placés aux points bas, débouchant directement à l'air libre et permettant de vider complètement ces enveloppes par simple écoulement de l'eau qui s'y trouve, afin d'éviter les stagnations quand la machine est froide, stagnations qui pourraient devenir dangereuses en temps de gelée. Ces robinets de purge sont manœuvrés par le même levier que les robinets de purge des cylindres et tiroirs; les transmissions sont étudiées de telle sorte, que le levier de manœuvre peut occuper quatre positions :

Dans la première, toutes les purges de la machine sont fermées;

Dans la deuxième, les purges directes des enveloppes de vapeur seules sont ouvertes, les purges des cylindres et tiroirs restant fermées;

Dans la troisième, toutes les purges sont ouvertes;

Dans la quatrième, les purges directes des enveloppes de vapeur sont fermées et celles des cylindres et tiroirs ouvertes.

De la sorte, en service de route, les positions du levier que doit utiliser le mécanicien, sont les positions extrêmes comme à l'ordinaire; le mécanicien purge ainsi les cylindres, sans troubler le fonctionnement normal des enveloppes dont l'eau condensée est constamment renvoyée dans la caisse du tender. En stationnement, le levier doit être mis à la troisième position, toutes purges ouvertes. Enfin, si pour une raison quelconque

exceptionnelle, le fonctionnement des enveloppes est supprimé, la position de route adoptée pour le levier est la deuxième, qui, en maintenant ouvertes les purges directes des enveloppes, s'oppose à ce qu'elles contiennent de l'eau condensée provenant de fuites possibles des soupapes de prise de vapeur, tout en maintenant fermées les purges des cylindres. L'emploi de cette position n'est qu'exceptionnel.

Pour se servir de ces appareils, les mécaniciens ont reçu comme instruction de maintenir toujours ouverte en grand la prise de vapeur des enveloppes H. P., et celle B. P. aussi ouverte que possible sans faire soulever la soupape de sûreté correspondante, enfin de régler les pointeaux de purge sur le tender, de façon à leur faire débiter à peu près constamment un mélange d'eau avec un peu de vapeur. On a préféré ce système simple à l'emploi de purgeurs automatiques à dilatation dont le fonctionnement est plus compliqué.

Telles sont les principales dispositions adoptées pour les cylindres et tiroirs des machines 3501 à 3520.

Les éléments de ces machines sont donnés pages 410 et suivantes et leur diagramme représentatif, planche 38 (*fig*. *1*).

III. — Résultats.

Les résultats dus à l'emploi des tiroirs cylindriques sont de plusieurs sortes :

1° Résultats sur les diagrammes;

2° Résultats de fonctionnement mécanique;

3° Résultats de consommation.

1° Résultats sur les diagrammes.

Des diagrammes comparatifs d'indicateur ont été relevés sur la machine d'essai n° 2421, munie de tiroirs cylindriques, et sur une machine identique, n° 2409, munie de tiroirs plans. Ces deux machines sont, comme on l'a dit plus haut, des machines à deux essieux couplés et bogie, roues de 2,05 *m*. Les conduits de vapeur entourant les tiroirs sont annulaires et ont des dimensions analogues à celles des machines n°s 3501 à 3520 décrites plus haut, le diamètre des cylindres et tiroirs est le même. Toutefois, comme ces machines étaient des machines d'essai prises dans une série en cours de construction, des modifications

aussi radicales que celles appliquées aux 3500, n'ont pas été réalisées; en particulier, les tiroirs admettent encore par les arêtes extérieures.

Voici d'abord les éléments de la distribution des machines 2409 et 2421, sur lesquelles les diagrammes comparatifs ont été relevés (pages 392 et 393) :

On voit que la longueur utile des lumières H. P. se trouve sur la machine à tiroirs cylindriques augmentée de 74 0/0 pour les cylindres H. P. et de 52 0/0 pour les cylindres B. P., par rapport aux longueurs de la machine à tiroirs plans.

La distribution a été réglée à admissions égales sur les deux faces des pistons, et non à avances égales à l'admission ; les chiffres ci-dessus font ressortir que les régulations géométriques des deux machines étaient tout à fait voisines l'une de l'autre, ainsi que la valeur des espaces morts, et que, par suite, les éléments des deux machines étant d'ailleurs exactement les mêmes, les diagrammes que nous allons examiner sont réellement comparables au point de vue de l'influence du type de tiroir, c'est-à-dire, en somme, au point de vue de l'influence de la longueur des lumières

Tous les diagrammes que nous allons examiner, ont été pris à des vitesses égales ou supérieures à 100 *km* à l'heure, c'est-à-dire, étant donné le diamètre des roues, à des nombres de tours supérieurs à 261 par minute. Aux faibles vitesses de rotation, la comparaison n'aurait qu'un intérêt secondaire — la question de la dimension des orifices ne se posant que pour les grandes vitesses.

La série des diagrammes de la figure 2 (page 395) a été prise sur les cylindres B. P.

Les diagrammes pris sur la machine 2409, à tiroirs plans, font ressortir des compressions exagérées ; cependant ces courbes ont été prises avec des admissions de 65 0/0 et 70 0/0, c'est-à-dire dans les meilleures conditions pour n'avoir point de ces compressions, puisque la période géométrique de compression diminue quand on augmente l'admission. L'admission aux cylindres H. P. était de 40 0/0. Ce sont là des crans pratiques fréquemment employés en service courant. En outre, on remarquera que la section offerte par la tuyère d'échappement était précisément égale à la section d'ouverture maximum des lumières B. P. (1,60 dm^2). Cette tuyère ne provoquait donc pas d'étranglement à la sortie du cylindre. Malgré cela, on constate que la

I. — Éléments de la distribution relevé

	CYLINDRE HAUTE PRESSIO					
	Machine 2409				Machin	
	40 0/0		54 0/0		40 0/0	
	AV	AR	AV	AR	AV	AR
Introduction.	0,412	0,417	0,540	0,537	0,396	0,390
Durée de la période de détente . .	0,331	0,350	0,290	0,278	0,387	0,356
Avance à l'échappement	0,253	0,231	0,170	0,184	0,206	0,236
Compression totale (y compris l'avance à l'admission	0,210	0,225	0,168	0,162	0,236	0,206
Avance linéaire à l'admission . *mm*	6	4,5	6,5	5	6,5	3,5
Ouverture maximum de l'orifice à l'admission . . . . *mm*	12	12	16	17	12	9
Ouverture maximum de l'orifice à l'échappement. . . . . *mm*	en grand		en grand		en grand	

II. — Données fixes

		Machine 2409
Longueur utile des orifices	H. P.	270 *mm*
	B. P.	420 *mm*
Hauteur des orifices	H. P.	35 *mm*
	B. P.	40 *mm*
Volume des espaces morts	H. P.	18 0/0 (²)
	B. P.	12 0/0 (²)
Recouvrements à l'admission	H. P.	27 *mm*
	B. P.	27 *mm*
Découvrements à l'échappement.	H. P.	0 *mm*
	B. P.	3 *mm*
Diamètre des tiroirs	H. P.	»
	B. P.	»

à chaud aux crans de marche usuels.

GAUCHE		CYLINDRE BASSE PRESSION GAUCHE							
2421		Machine 2409				Machine 2421			
54 0/0		50 0/0		60 0/0		50 0/0		63 0/0	
AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR
0,542	0,536	0,490	0,487	0,591	0,600	0,508	0,517	0,621	0,642
0,306	0,275	0,318	0,281	0,263	0,218	0,287	0,254	0,224	0,200
0.136	0,172	0,187	0,230	0,145	0,181	0,212	0,228	0,150	0,150
0,172	0,136	0,181	0,133	0,136	0,103	0,172	0,150	0.100	0,100
6,5	3,5	8,5	3,5	8,5	3,5	7,5	5	7,5	4,5
17	15	16	15	20	20,5	16	17	23	25
en grand		en grand		en grand		45	44	en grand	

de la distribution.

Machine 2421	OBSERVATIONS
470 *mm* (1)	(1) La longueur utile des orifices représente, sur la machine à tiroirs cylindriques, la longueur de la périphérie des segments des tiroirs, diminuée de la largeur des nervures obliques de l'orifice annulaire, largeur mesurée sur cette périphérie.
640 *mm*	(2) Du volume engendré par le piston.
35 *mm*	
50 *mm*	
16,6 0/0 (2)	
12,9 0/0 (2)	
27 *mm*	
27 *mm*	
0 *mm*	
3 *mm*	
226 *mm*	
300 *mm*	

courbe d'échappement a une allure montante très accentuée qui indique que la vapeur est en quelque sorte recomprimée dans le cylindre par le piston pour être chassée à travers les orifices. A 70 0/0 d'admission, la période géométrique de compression ne commence qu'après que le piston a parcouru les neuf dixièmes de sa course. Or, sur les diagrammes elle commence au quart environ de la course de retour du piston. Nous refaisons donc ici les constatations déjà relevées sur la machine n° 3416.

Les quatre autres diagrammes ont été relevés sur la machine n° 2421, les deux premiers (marqués C) à 60 0/0 d'introduction, ceux marqués D à 45 0/0 seulement d'introduction, et tous les quatre à la vitesse de 110 *km* à l'heure, correspondant à une vitesse de rotation de 287 tours par minute, légèrement supérieure à la vitesse correspondant aux diagrammes de la machine 2409. La section de la tuyère d'échappement étant sensiblement la même que pour les courbes prises sur la 2409, l'introduction H. P. était également de 40 0/0 comme pour les courbes de la 2409. La différence est manifeste ; la courbe d'échappement reste, pour la face AV du piston, absolument parallèle à la ligne atmosphérique pendant la plus grande partie de la course ; sur la face AR, il y a encore une petite inclinaison, mais bien moins accentuée qu'avec le tiroir plan. Si l'on mesure la contre-pression aux deux tiers de la course de retour du piston, par exemple, on voit qu'elle est avec tiroir cylindrique de 290 à 430 *g* environ (suivant la face considérée) et cela, même avec une admission réduite à 45 0/0 environ, c'est-à-dire avec une compression géométrique voisine de 20 0/0, alors qu'au même point et avec une admission de 65 0/0, c'est-à-dire avec une compression géométrique de 10 0/0 environ seulement, elle atteint sur la machine à tiroir plan de 700 à 850 grammes, c'est-à-dire le double ; d'où perte de travail et moins grande liberté d'allure de la machine.

Des six diagrammes de la figure 3 (page 397), deux ont été relevés sur la machine à tiroirs plans et quatre sur celle à tiroirs cylindriques. Les diagrammes A sont ceux de la machine à tiroirs plans; ils ont été (ainsi que ceux B pris sur la machine à tiroirs cylindriques) relevés aux crans d'introduction 40 H. P. et 50 B. P., vitesses 104 et 105 *km*, nombres de tours correspondants 271 et 274, même pression à la chaudière, pressions très voisines au tuyau de vapeur pendant l'admission (cette pression est donnée sur le diagramme ; la prise de vapeur nécessaire avait été installée pour faire ce relevé).

Machines 2400 et 2421.	2409 — A	2409 — B	2421 — C	2421 — D
Vitesse en kilomètres à l'heure .	102	109	110	110
Nombre de tours par minute . .	266	284	287	287
Introductions H. P./B. P. . . 0/0	40/65	40/70	40/60	40/45
Pression moyenne au tuyau de vapeur pendant l'admission *kg*	11,300	11,300	11,700	11,700
Pression moyenne au réservoir intermédiaire . . . . . . *kg*	2,300	1,850	2,100	3,000
Puissance totale indiquée développée par la locomotive . *ch*	757,500	779,500	1000,420	928,600
Puissance développée par les cylindres H. P. . . . . . . *ch*	479,900	552,680	621,200	514,600
Puissance développée par les cylindres B. P. . . . . . . *ch*	277,500	266,820	379,200	414,000
Section de l'échappement . . *dm²*	1,60	1,60	1,80	1,80

Fig. 2

A

C

A

C

D

B

B

D

En somme, toutes les conditions sont les mêmes comme vitesse, pression et admission.

Cependant, l'admission dans le cylindre H.P. par tiroir plan est étranglée et la chute de pression entre le tuyau de vapeur et le cylindre vers la fin de l'admission dépasse 4 *kg*, ainsi que l'on peut le mesurer sur le diagramme ; sur la machine à tiroir cylindrique, cette chute en fin d'admission n'atteint que 2,600 *kg* environ. Aussi, le premier diagramme se présente mal, et la boucle qui tend à se former à son extrémité montre que la pression au réservoir intermédiaire (qui se trouvait pour ce diagramme de 3,200 *kg*) est trop élevée par rapport à la détente produite dans le cylindre H.P. Ce fait ne devrait d'ailleurs pas se produire dans ces conditions, car étant donné que le rapport des volumes des cylindres de ces machines est de 2,5 environ, une introduction de 0,5 dans le grand cylindre correspond encore à une fois un quart le volume du petit, par conséquent, il ne devrait pas y avoir boucle si la circulation de la vapeur se faisait bien.

Le diagramme pris sur la machine à tiroir cylindrique, est d'un tout autre aspect (malgré quelques oscillations dues à des secousses passagères de la machine). Ce diagramme est plein, sans boucle, les phases de la distribution y sont nettement marquées. Les mêmes différences se retrouvent dans les diagrammes B.P. Aussi, l'on constate que dans des conditions identiques de fonctionnement, au même nombre de tours (271 et 274) et même la machine à tiroirs plans ayant 400 *g* de plus au tuyau de vapeur pendant l'admission (11,7 *kg* au lieu de 11,3 *kg*), la machine à tiroirs cylindriques développe 861 *ch*, alors que la machine à tiroirs plans n'en développe que 573. Ce qui ne veut pas dire, d'ailleurs, qu'à ce moment, la machine à tiroirs cylindriques ne dépense pas une quantité de vapeur supérieure à la machine à tiroirs plans, quantité proportionnée, partiellement tout au moins, à l'excédent de puissance, car évidemment la circulation de la vapeur étant notablement améliorée, une admission de 40 0/0 avec tiroirs cylindriques à longues lumières introduit dans le cylindre un poids de vapeur plus grand qu'une admission de 40 0/0 avec tiroir plan. Mais cette comparaison affirme le meilleur fonctionnement des tiroirs cylindriques.

Les deux derniers diagrammes sont encore relatifs à la machine à tiroirs cylindriques et ont été pris dans des conditions tout à fait analogues aux précédents : vitesse de 105 *km*,

Machines 2409 et 2421.	2409 — A	2421 — B	2421 — C
Vitesse en kilomètres à l'heure	104	105	105
Nombre de tours par minute	271	274	274
Introductions H. P./B. P. 0/0	40/50	40/50	35/50
Pression moyenne à la chaudière . . . . *kg*	14,000	14,000	14,000
Pression moyenne au tuyau de vapeur pendant l'admission . . . . *kg*	11,700	11,300	10,700
Pression moyenne au réservoir intermédiaire *kg*	3,200	3,000	2,000
Puissance totale développée par la locomotive *ch*	573,000	861,800	676,000
Puissance développée dans les cylindres H. P. *ch*	329,600	503,900	423,000
Puissance développée dans les cylindres B. P. *ch*	243,400	357,900	253,000
Section de l'échappement . . . . dm^2	1,45	1,97	1,50

Fig. 3.

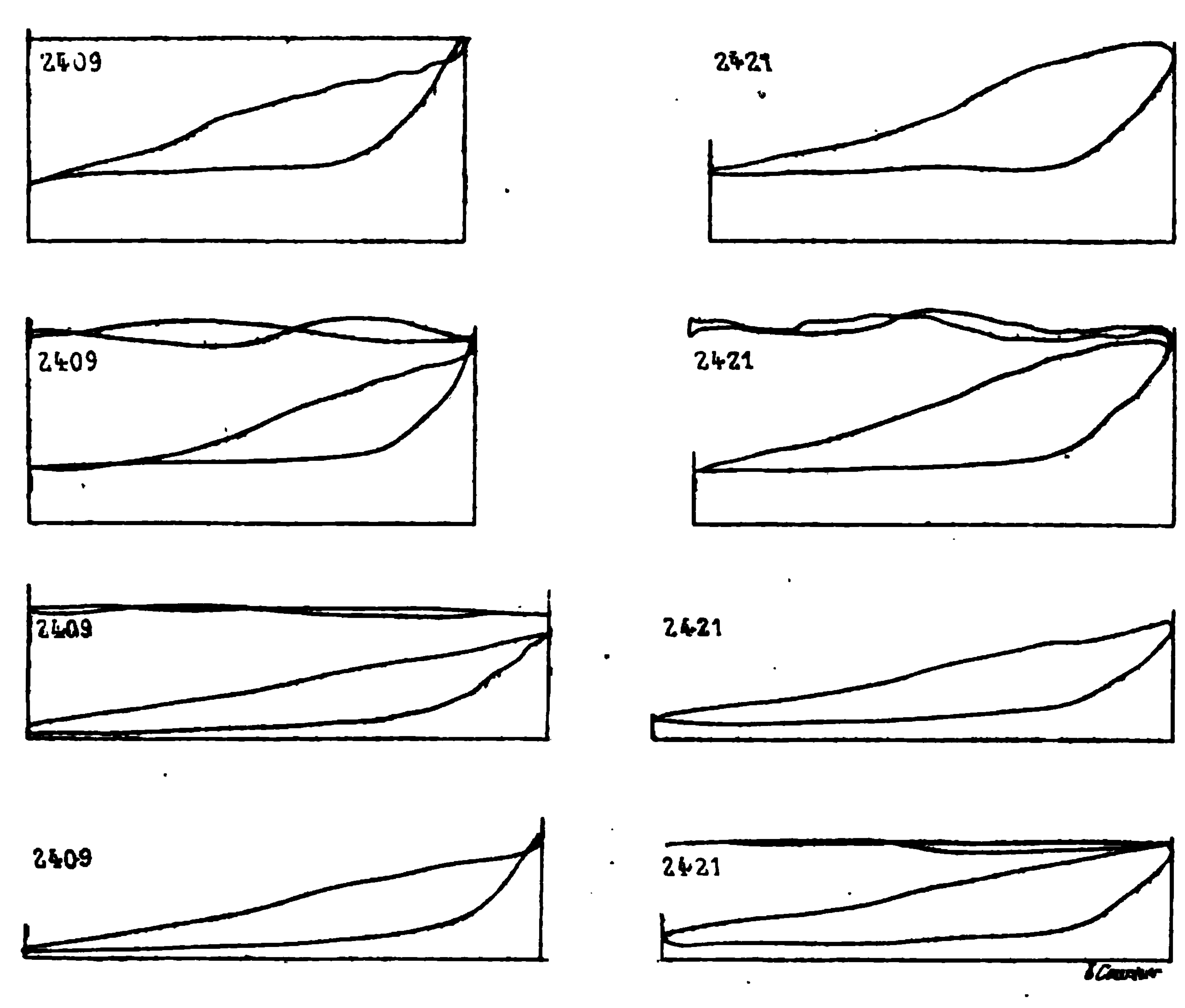
274 tours ; mais l'introduction H. P. a été réduite à 35 0/0, celle B. P. restant égale à 50 0/0 ; en outre, le régulateur étant un peu plus étranglé, la pression au tuyau de vapeur pendant l'admission n'est plus que de 10,7 *kg*, soit inférieure de 1 *kg* à celle relative à la courbe de la machine à tiroirs plans ; malgré ces deux réductions (5 0/0 d'introduction et 1 *kg* de pression à l'admission), la machine à tiroirs cylindriques développe encore 676 *ch*, soit 100 *ch* de plus que la machine à tiroirs plans. (A remarquer encore ici la différence entre le tracé des courbes d'échappement B. P. des machines 2409 et 2421, avec même section offerte par la tuyère d'échappement (1,45 dm^2 et 1,50 dm^2), différence toute à la faveur de la machine à tiroirs cylindriques).

La figure 4 montre huit diagrammes, dont quatre pris simultanément, ou à peu près, sur la machine 2409 et quatre sur la machine 2421. Ces diagrammes ont été pris encore dans des conditions comparables, à 100 *km* (261 tours) sur la machine à tiroirs plans, à 109 *km* (284 tours) sur la machine à tiroirs cylindriques; les sections de la tuyère d'échappement sont respectivement de 1,7 dm^2 et 1,9 dm^2, même pression de 11,300 *kg* au tuyau de prise de vapeur pendant l'admission H. P. et admissions de 40 0/0 aux cylindres H. P., 45 0/0 aux cylindres B. P. Ils font ressortir comment il est nettement impossible d'adopter de pareils crans de marche sur la machine à tiroirs plans; ce sont les petits cylindres qui fonctionnent mal à cause des compressions et de la boucle dues à la pression relativement élevée de 3,400 *kg* qui s'établit dans le réservoir intermédiaire. Dans ces conditions, on sent trépider la machine et, en fait, ces diagrammes n'ont été relevés qu'à titre expérimental, la machine 2409 n'eût pu soutenir l'allure ni remorquer son train dans ces conditions. Au contraire, les diagrammes de la machine 2421 sont entièrement satisfaisants, et les crans de marche 40-45 sont les crans pratiques en service courant sur les machines à tiroirs cylindriques. On remarquera, en outre, que, d'après ces courbes, et comme ci-dessus, la machine 2421 faisait 260 *ch* de plus que la 2409, dans les mêmes conditions de marche.

Pour tenir, dans cette dernière comparaison, compte de la vitesse supérieure de la machine 2421, vitesse qui dépend de circonstances extérieures à la machine (profil, résistance du train, etc.) on doit réduire proportionnellement le chiffre de la puissance développée par la machine 2421.

Machines 2409 et 2421.	**2409** — Tiroirs plans	**2421** — Tiroirs cylindriques
Vitesse en kilomètres à l'heure	100	109
Nombre de tours par minute	261	284
Introductions H. P./B. P. 0/0	40/45	40/45
Section de la tuyère d'échappement *dm*²	1,70	1,90
Pression moyenne au tuyau de vapeur pendant l'admission *kg*	11,300	11,300
Pression moyenne au réservoir intermédiaire *kg*	3,400	3,000
Travail total de la locomotive *ch*	619,788	881,768
Travail développé dans les cylindres H. P. *ch*	292,900	481,614
Travail développé dans les cylindres B. P. *ch*	326,852	400,154

Fig. 4.



Les chiffres à comparer sont alors :

$$619 \text{ et } 881 \times \frac{100}{109} = 808.$$

Soit encore 190 *ch* à l'avantage de la machine 2421 dus à la simple amélioration des diagrammes.

On remarquera aussi la presque égalité du travail dans les grands et petits cylindres de la machine à tiroirs cylindriques (400 et 480 *ch*). On reviendra sur ce point plus loin.

Enfin, les diagrammes de la figure 5 ont été relevés sur la machine à tiroirs cylindriques à la vitesse toujours élevée de 105 *km* (274 tours) et avec des introductions de 35 0/0 aux cylindres H. P. et 40 0/0 aux cylindres B. P. Les courbes ont encore un aspect satisfaisant; cependant les diagrammes H. P. deviennent pointus. Il ne faut pas s'en étonner et il en est même nécessairement ainsi, attendu que 40 0/0 du volume du grand cylindre correspondent précisément au volume du petit cylindre; nous sommes donc arrivés à l'introduction théorique limite, au-dessous de laquelle il ne faut jamais descendre pour les cylindres B. P. Ces diagrammes, relevés à ces crans de marche et à cette vitesse élevée, montrent que la distribution s'opère dans d'excellentes conditions. On remarquera que, malgré la faible introduction aux cylindres H. P. (35 0/0), il y a encore 2,500 *kg* de pression au réservoir intermédiaire.

En ce qui concerne la répartition du travail entre les cylindres H. P. et B. P., l'avantage des tiroirs cylindriques à longues lumières ressort de tout ce qui précède, puisque ces tiroirs permettent de diminuer l'introduction B. P. et, par suite, de relever la proportion du travail fourni par les grands cylindres. On en voit d'ailleurs un exemple sur les huit diagrammes de la figure 6 relevés à quelques minutes d'intervalle sur la machine 2421, à la vitesse de 110 *km* à l'heure (287 tours), mais avec des introductions respectivement de 40-60 et 40-45, tous autres éléments égaux; dans le premier cas, les petits cylindres développent 62 0/0 du travail total et les grands 38 0/0; dans le deuxième cas, les petits ne développent plus que 55 0/0 et les grands 45 0/0.

Voici d'ailleurs un tableau de la moyenne de la répartition des puissances entre les petits et les grands cylindres, obtenues aux vitesses supérieures à 70 *km* à l'heure, suivant les différents crans de marche au cours des expériences. Ces moyennes ont

Machine 2421. TIROIRS CYLINDRIQUES		35/40
Vitesse en kilomètres à l'heure		105
Nombre de tours correspondants par minute		274
Introductions H. P./B. P.	0/0	35/40
Pression moyenne au tuyau de vapeur pendant l'admission.	*kg*	11,300
Pression moyenne au réservoir intermédiaire	*kg*	2,500
Puissance totale développée par la locomotive	*ch*	647,250
Puissance développée dans les cylindres H. P.	*ch*	351,990
Puissance développée dans les cylindres B. P.	*ch*	295,260
Section de l'échappement	*dm*²	1,60

Fig. 5.

HP AR

HP AR

BP AV

BP AR

été établies d'après le calcul d'environ 300 diagrammes complets (comprenant chacun quatre courbes : 2 H. P. et 2 B. P.).

ADMISSIONS H. P.-B. P.	MACHINE 2421		MACHINE 2409	
	TRAVAIL H.P. 0/0 du travail total	TRAVAIL B.P. 0/0 du travail total	TRAVAIL H.P. 0/0 du travail total	TRAVAIL B.P. 0/0 du travail total
40/45	**0,528**	**0,472**	0,555	0,445
40/50	0,582	0,418	0,572	0,428
40/55	0,617	0,383	0,592	0,408
40/60	0,622	0,378	**0,640**	**0,360**
40/65	—	—	0,659	0,341
40/70	—	—	0,700	0,300

Le cran de marche pratique pour les cylindres B. P. des lo comotives à tiroir cylindrique est de 45 à 50 0/0; c'est 60 à 65 0/0 pour les locomotives à tiroirs plans.

La répartition pratique du travail entre les cylindres H. P. et B. P. est donc :

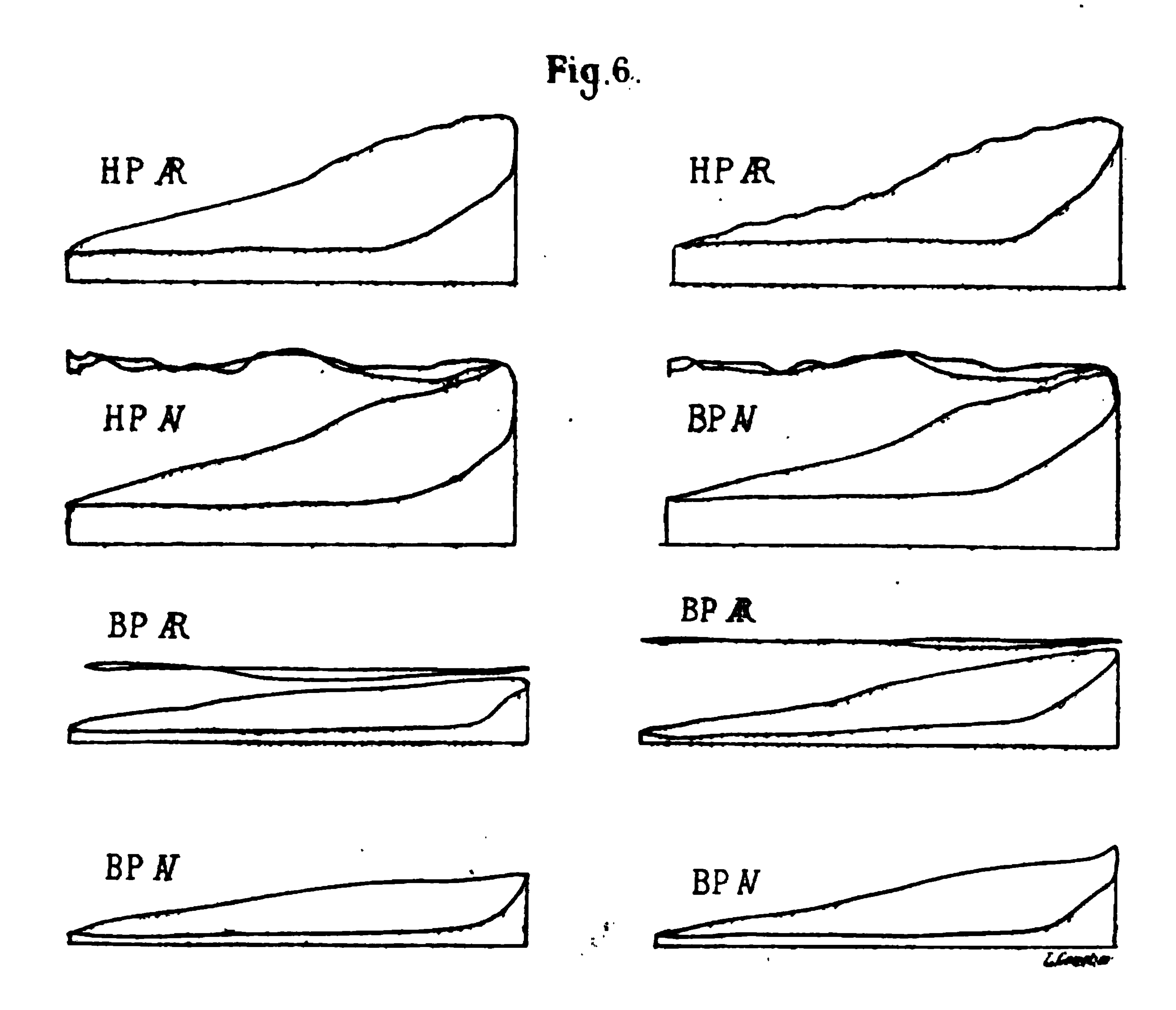
Pour les locomotives à tiroirs plans de { 64 0/0 aux H. P. / 36 0/0 aux B. P. (environ).

Pour les locomotives à tiroirs cylindriques de { 52 0/0 aux H. P. / 47 0/0 aux B. P.

A propos des deux séries de diagrammes de la figure 6, il y a lieu de faire une remarque : on voit que, toutes choses égales, sauf l'introduction aux cylindres B. P., la puissance totale développée est un peu supérieure dans le cas de la grande admission aux cylindres B. P. On a pu croire parfois que ce fait était l'indice d'un meilleur rendement de la machine dans ce deuxième cas. Il n'en est rien; ce fait résulte simplement de ce que, dans le cas de la grande introduction B. P., le poids de vapeur introduit dans les cylindres H. P., même l'introduction restant constante pour ces cylindres, est supérieure au poids introduit dans le cas de la faible introduction B. P. En effet, la pression au réservoir intermédiaire étant plus faible dans le cas de la grande introduction B. P., le poids et la pression de la vapeur comprimée par les pistons H. P. dans les espaces morts H. P. aux fonds de course sont plus faibles; or, au moment de l'introduction, la pression de la vapeur vive est toujours rétablie dans les espaces

Machine 2421. TIROIRS CYLINDRIQUES Comparaison entre la marche 40/60 et la marche 40/45. Train 2/29 du 7 avril 1902.	40/60	40/45
Vitesse en kilomètres à l'heure	110	110
Nombre de tours correspondants par minute	287	287
Section de l'échappement . . . *dm²*	1,80	1,80
Pression moyenne au tuyau de vapeur pendant l'admission . . . *kg*	11,700	11,700
Pression moyenne au réservoir intermédiaire . . . *kg*	2,100	3,000
Puissance indiquée totale développée par la machine. *ch*	1000,420	928,626
Puissance indiquée dans les cylindres H. P. . . . *ch*	621,200	514,600
Puissance indiquée dans les cylindres B. P. . . . *ch*	379,200	414,000
0/0 de la puissance totale fourni par les cylindres H. P.	62	55
0/0 de la puissance totale fourni par les cylindres B. P.	38	45

Fig. 6.



morts; il faut donc y introduire une plus grande quantité de vapeur vive que dans le cas d'une faible introduction B. P. et d'une forte pression au réservoir intermédiaire. C'est à cette consommation supplémentaire de vapeur qu'est dû l'excédent de puissance et non à une amélioration de rendement. Ce fait se lit, d'ailleurs, clairement sur les diagrammes (*fig. 6*), en examinant la partie de la courbe H. P. correspondant à la compression et à l'avance à l'introduction; la courbe de compression H. P. est naturellement plus basse dans le cas d'une grande introduction B. P. . . . .

En résumé, les diagrammes font ressortir l'amélioration, grâce à la grande longueur des lumières des machines à tiroirs cylindriques, des différentes phases de la distribution et l'amélioration de la répartition du travail entre les cylindres, grâce à la possibilité de réduire à 45 0/0 l'introduction aux cylindres B. P.

2° Résultats mécaniques.

Quant au fonctionnement mécanique des machines à tiroir cylindrique, et il s'agit ici non plus des deux machines d'essai, mais des vingt machines à trois essieux couplés, roues de 1,75 *m* effectuant le service courant depuis sept mois déjà environ, il n'a pas cessé d'être excellent.

Le personnel appelé à les conduire a saisi leurs avantages et constaté que leur allure était plus libre, qu'elles couraient mieux. La vitesse de 100 *km* (330 tours par minute pour les roues de 1,75 *m*, vitesse limite sur le réseau de l'Est pour ces machines) est plus facilement atteinte par ces machines que par celles à tiroirs plans. En outre, le serrage des valves de l'échappement est moindre, il doit même être évité et devient fâcheux s'il est exagéré; le tirage est donc amélioré. Le fonctionnement des tiroirs eux-mêmes n'a rien laissé à désirer et on ne constate, jusqu'à présent, que des usures insignifiantes: les machines ayant le plus de parcours ont environ 53 000 *km*.

En outre, l'étanchéité de ces tiroirs est satisfaisante.

3° Résultats de consommation.

Enfin, les résultats de consommation, qui sont les plus intéressants, sont excellents. Pour obtenir des résultats comparatifs, les dispositions suivantes ont été prises :

Un dépôt du réseau, le dépôt de Troyes, possédant un service important de machines compound à quatre cylindres et trois essieux couplés, a reçu un certain nombre de machines, les unes à tiroirs plans, les autres à tiroirs cylindriques; ces machines ne diffèrent les unes des autres que par le type de tiroir, et tous leurs autres éléments, à part quelques détails de construction, sont les mêmes. En outre, le réglage de la distribution est approximativement le même, il est indiqué sur le tableau des pages 406 et 407.

Le roulement de ces machines comporte actuellement vingt-deux journées; il est assuré par huit machines à tiroirs plans et quatorze machines à tiroirs cylindriques, chaque machine parcourt environ 6 200 *km* par mois, et est conduite toujours par le même mécanicien et le même chauffeur. Ces agents, titulaires de leur machine, ont été choisis avec grand soin, de façon que les meilleurs agents soient proportionnellement répartis entre les deux groupes de machines, et de façon à éviter que tous les plus habiles ne soient affectés à un même groupe, ce qui eût faussé les résultats. Le roulement comparatif est en vigueur depuis le 1er mai dernier, c'est-à-dire depuis cinq mois.

En ce qui concerne l'influence spéciale du réchauffage, les résultats ne sont pas encore nettement isolés, parce que les agents, peu habitués à ce procédé, ne l'ont pas encore employé régulièrement. Pendant les cinq mois de comparaison, une moitié en moyenne des machines 3501 a employé le réchauffage, l'autre moitié ne l'a pas employé, mais les numéros des machines l'employant et ne l'employant pas ont été successivement intervertis. Cette expérience n'est pas terminée.

Nous envisagerons ici la moyenne des résultats obtenus, d'un côté avec toutes les 3501 prises ensemble (à tiroir cylindrique), de l'autre avec toutes les machines 3400 (à tiroir plan).

Les trains du roulement sont des trains de voyageurs, tracés à des vitesses moyennes variant de 55 à 75 *km* à l'heure, les uns omnibus, les autres express.

La charge moyenne du train-kilomètre remorqué, a été de 174 *t* environ.

La charge maximum remorquée aux trains tracés à la vitesse moyenne de 70 *km* à l'heure, a été de 320 *t* et a atteint fréquemment 260 *t*.

Le parcours moyen de chaque machine en comparaison, a été, depuis le 1er mai jusqu'au 1er octobre, de 30000 *km*, et la

I. — Éléments de la distributi

	CYLINDRE HAU							
	Machines 3400						Mac	
	40 0/0		50 0/0		60 0/0		40 0/0	
	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	A
Introduction	36,2	43,8	46,6	53,4	57,0	63,0	426	40
Durée de la période de détente	40,2	32,6	35,4	28,2	29,6	23,0	365	34
Avance à l'échappement	23,6	23,6	18,0	18,4	13,4	14,0	209	25
Compression totale (y compris l'avance à l'admission)	22,2	22,6	17,6	17,2	13,6	12,8	194	233
Avance linéaire à l'admission . . . . *mm*	4,7	4,7	4,6	4,6	4,5	4,5	6	6
Ouverture maximum de l'orifice à l'admission . . . . *mm*	9,5	11,5	12,5	15,8	16,7	21,7	11	12
Ouverture maximum de l'orifice à l'échappement	en grand		en grand		en grand		en grand	
Course du tiroir	72		80		88,7		77	

II. — Données fixes

		Machines 3400
Longueur utile des orifices	H. P.	270 *mm*
	B. P.	420 *mm*
Hauteur des orifices	H. P.	35 *mm*
	B. P.	40 *mm*
Volume des espaces morts	H. P.	18 0/0
	B. P.	12 0/0
Recouvrements à l'admission	H. P.	27 *mm*
	B. P.	27 *mm*
Découvrements à l'échappement	H. P.	0
	B. P.	3 *mm*
Diamètre des tiroirs	H. P.	»
	B. P.	»

aux crans de marche usuels.

PRESSION				CYLINDRE BASSE PRESSION											
nes 3501 à 3520				Machines 3400						Machines 3501 à 3520					
50 0/0		60 0/0		40 0/0		50 0/0		60 0/0		40 0/0		50 0/0		60 0/0	
AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR	AV	AR
550	500	667	600	36,2	43,8	46,2	53,8	57,0	63,0	413	400	532	500	648	600
293	300	223	248	36,2	30,0	31,8	25,6	26,4	21,2	337	316	275	270	210	226
157	200	110	152	27,6	26,2	22,0	20,6	16,6	15,8	250	284	193	230	142	174
148	188	105	145	18,8	19,6	15,0	15,2	11,3	11,3	174	201	132	160	97	123
6	6	6	6	5,25	6,3	5,25	6,6	5,25	7,0	6	6	5,75	6,25	5,5	6,5
15	15,5	20,5	21,5	9,5	13,5	12,5	17,7	16,7	24,1	11	12	14	15,5	19,5	21,5
en grand		en grand		en grand		en grand		en grand		42	41	46	44	en grand	
84,5		96		74,8		81,1		90,5		77		83,5		95	

de la distribution.

Machines 3501 à 3520	OBSERVATIONS
470 *mm*	
640 *mm*	
35 *mm*	
50 *mm*	
21,8 0/0	
16,2 0/0	
27 *mm*	
27 *mm*	
0	
3 *mm*	
220 *mm*	
300 *mm*	

consommation kilométrique moyenne brute pendant ce temps :

de 9,444 *kg* pour les 3500 (tiroirs cylindriques)
et de 10,438 *kg* — 3400 (tiroirs plans),

d'où avantage de 1 *kg* par kilomètre en faveur des machines à tiroir cylindrique.

Le combustible consommé a été un mélange ayant en moyenne la composition suivante :

40 0/0	Grains Bascoup n° 1,
18 0/0	Menus Lens n° 1,
12 à 15 0/0	Fines Bascoup n° 3,
30 0/0	Menus Centre Belge,

sous réserve de quelques variations subordonnées aux arrivages des différentes essences.

En outre, un appoint de briquettes n° 4 de Mariemont est délivré aux mécaniciens. Il a été consommé environ 16 0/0 de briquettes au cours de la remorque des trains du roulement comparatif. Si, pour tenir compte de cet appoint, on majore de 20 0/0 la consommation briquettes, qui se trouve ainsi approximativement évaluée en menus, suivant les usages adoptés à la Compagnie de l'Est, la consommation kilométrique moyenne devient la suivante :

9,754 *kg* pour les 3500 (tiroirs cylindriques),
10,764 *kg* — 3400 (tiroirs plans).

C'est une économie nette de 1 *kg* de combustible par machine, soit 10 0/0 en faveur des nouvelles machines, économie calculée uniquement sur les résultats obtenus en service courant et dégagée de toute considération théorique.

Conclusion.

En somme, des résultats ci-dessus, il ressort un avantage marqué pour les machines compound, d'être munies de longues lumières et de larges passages de vapeur, étudiés en évitant, autant que possible, la présence de parois communes aux conduits recevant de la vapeur à des températures différentes, et, en particulier, en isolant les conduits d'échappement qui fonctionnent en véritables condenseurs à surface, quand ils lèchent les cylindres ou traversent les réservoirs de vapeur ; ces dispo-

sitions sont avantageusement réalisées par l'emploi de tiroirs cylindriques admettant par les arêtes intérieures. Ces tiroirs ont, en outre, l'avantage d'être équilibrés et de ne pas opposer au mouvement les importantes résistances dues au frottement des tiroirs plans. Ils s'usent moins que ces derniers. Enfin, ils permettent par l'emploi de plus faibles introductions aux cylindres B. P., d'obtenir l'égale répartition du travail entre les cylindres H. P. et B. P., sans nuire aux autres propriétés de la locomotive. Quant au réchauffage des cylindres par enveloppes de vapeur, il a jusqu'ici bien fonctionné, mais les chiffres précis résultant de son emploi ne sont pas encore isolés.

Enfin, les tiroirs cylindriques sont avantageux, principalement pour permettre aux machines compound de fonctionner à de grands nombres de tours par minute. Leur emploi serait donc de nature à faciliter l'obtention de grandes vitesses avec des roues d'un diamètre relativement réduit, c'est-à-dire de nature à faciliter la construction de machines de G. V. à trois essieux couplés, n'ayant qu'un empattement rigide modéré, à forte adhérence et bien disposées pour développer, lors des démarrages et des montées des rampes, de grands efforts de traction, de plus en plus nécessaires avec les fortes charges remorquées actuellement.

MACHINES 3501 A 3520 DE LA COMPAGNIE DE L'EST

DIMENSIONS PRINCIPALES

(Voir *Pl. 38, fig. 1.*)

Nota.

Dans ces locomotives, l'appareil de changement de marche est placé du côté gauche.
Ces locomotives sont munies d'un frein à air comprimé.
La pesée est celle de la locomotive 3501.

Grille.	
Longueur (suivant l'inclinaison)	2,560 *m*
Largeur	1,000 *m*
Surface . . . . G =	2,56 *m*²
Du dessus de la grille au rang inférieur des tubes	0,967 *m*
Foyer.	
Hauteur du ciel au-dessous du cadre	2,072 *m* 1,537 *m*
Largeur intérieure, en haut	1,062 *m*
Largeur intérieure, en bas	1,000 *m*
Longueur intérieure, en haut	2,394 *m*
Longueur intérieure, en bas	2,484 *m*
Épaisseur du cuivre des parois	0,016 *m*
— de la plaque tubulaire	0,030 *m*
Tubes.	
Nombre (système Serve)	130
Diamètre extérieur	0,070 *m*
Épaisseur	2,8 *mm*
Longueur entre les plaques tubulaires	4,200 *m*
Surface de chauffe.	
Du foyer (comptée du dessus de la grille) . . . . F =	13,09 *m*²
Des tubes (surface intérieure développée) . . . . T =	193,79 *m*²
Totale . . . . S =	206,88 *m*²
Rapport . . . . $\frac{T}{F}$ =	14,80
— . . . . $\frac{S}{G}$ =	80,81

Chaudière.

Boîte à feu extérieure — Longueur	2,715 *m*
Boîte à feu extérieure — Largeur — en haut	1,511 *m*
Boîte à feu extérieure — Largeur — en bas	1,204 *m*
Diamètre moyen du corps cylindrique	1,516 *m*
Longueur du corps cylindrique (y compris la boîte à fumée, sans la tôle d'avant)	5,880 *m*
Longueur totale de la chaudière	8,609 *m*
Du dessus du rail à l'axe de la chaudière	2,530 *m*
Du dessus du rail au-dessous du cadre du foyer	0,770 *m* 1,305 *m*
Épaisseur des tôles du corps cylindrique	17 et 16,5 *mm*
— de l'enveloppe du foyer	0,017 *m*
Capacité intérieure de la chaudière	8,440 m^3
Volume d'eau avec 0,100 *m* au-dessus du ciel	5,649 m^3
Volume de vapeur — —	2,791 m^3
Longueur intérieure de la boîte à fumée	1,800 *m*
Diamètre intérieur —	1,482 *m*
Timbre (soupapes réglées à 15 *kg*)	16 *kg*
Diamètre des soupapes (à action directe Adams)	0,070 *m*

Cheminée.

Diamètre intérieur — en haut	0,500 *m*
Diamètre intérieur — au rétrécissement	0,400 *m*
Diamètre intérieur — en bas	0,600 *m*
Hauteur au-dessus de la boîte à fumée	0,915 *m*
— du rail	4,200 *m*

Sections de passage de l'air.

A travers les tubes . . . $t =$	0,3825 m^2
Section intérieure de la cheminée . . . $c =$	0,1257 m^2
Rapport . . . $\frac{t}{c} =$	3,04

Châssis.

Écartement intérieur des longerons	1,244 *m*
Section des longerons à l'aplomb des boîtes	497 × 28 *mm*
Largeur totale à l'extérieur du tablier	2,800 *m*
Longueur de la machine à l'extrémité des tampons	11,200 *m*
Hauteur des longerons au-dessus des rails à l'arrière	1,368 *m*
Écartement des essieux — du bogie d'axe en axe	1,950 *m*
Écartement des essieux — A. R. bogie et moteur B. P.	2.100 *m*
Écartement des essieux — moteur B. P. et moteur H. P.	1,900 *m*
Écartement des essieux — moteur H. P. et arrière	2,200 *m*
Écartement des essieux — extrêmes	8,150 *m*
Écartement intérieur des bandages	1,360 *m*

Roues montées et essieux.

ROUES et ESSIEUX	DIAMÈTRE DES ROUES à la jante	DIAMÈTRE DES ROUES au contact	DIAMÈTRE des essieux au milieu	FUSÉES dia-mètre	FUSÉES lon-gueur	FUSÉES de milieu en milieu	POIDS avec bandages neufs
	m	*m*	*m*	*m*	*m*	*m*	*kg*
Du bogie	0,760	0,920	0,150	0,150	0,230	1,136	2 400
Moteur B. P. . .	1,590	1,750	0,210	0,200	0,220	1,220	3 660
— H. P. . .	1,590	1,750	0,180	0,200	0,220	1,220	3 330
D'arrière	1,590	1,750	0,180	0,200	0,220	1,220	3 010

DÉSIGNATION	FEUILLES NOMBRE	FEUILLES DIMENSIONS	RAYON de fabrication	FLÈCHE de fabrication	FLEXIBILITÉ par tonne
Ressorts de suspension.	*m*	*mm*	*m*	*m*	*mm*
Du bogie.	9	90 × 9	2,300	0,023	6,42
Moteur B. P. . . .	12	120 × 11	1,824	0,068	7,52
— H. P. . . .	12	120 × 11	1,824	0,068	7,52
D'arrière.	12	120 × 11	1,824	0,068	7,52
Ressorts de rappel.					
Du bogie.	11	75 × 10	1,750	0,040	7,003

Bande de pose du ressort de rappel.	1 785 *kg*
Tension totale à fond de course.	5 715 *kg*
Déplacement transversal du bogie de chaque côté.	0,055 *m*

Mouvement.

Diamètre des cylindres.	à haute pression.	0,350 *m*
	à basse pression.	0,550 *m*
Course des pistons		0,640 *m*
Section des cylindres.	à haute pression. . C =	0,0962 m^2
	à basse pression. . C′ =	0,2376 m^2
Volume d'une cylindrée	à haute pression.	0,061 m^3
	à basse pression.	0,152 m^3

Écartement des cylindres d'axe en axe	à haute pression	2,160 *m*
	à basse pression	0,590 *m*
Inclinaison des cylindres sur l'horizontale	à haute pression	0
	à basse pression	75 *mm* p. mètre
Longueur des bielles motrices	à haute pression	1,900 *m*
	à basse pression	1,800 *m*
Rayon des manivelles d'accouplement		0,320 *m*
Rapport de la longueur de la bielle motrice à la manivelle	à haute pression	5,94
	à basse pression	5,62

Bouton des manivelles.

BIELLES MOTRICES							
HAUTE PRESSION				BASSE PRESSION			
GROSSE TÊTE		PETITE TÊTE		GROSSE TÊTE		PETITE TÊTE	
diamètre	longueur	diamètre	longueur	diamètre	longueur	diamètre	longueur
m 0,105	*m* 0,120	*m* 0,075	*m* 0,080	*m* 0,210	*m* 0,100	*m* 0,075	*m* 0,080

BIELLES D'ACCOUPLEMENT					
MOTRICE B. P.		MOTRICE H. P.		ARRIÈRE	
diamètre	longueur	diamètre	longueur	diamètre	longueur
m 0,090	*m* 0,095	*m* 0,125	*m* 0,110	*m* 0,090	*m* 0,095

Distribution.

Écartement des tiges de tiroirs	à haute pression	2,415 *m*
	à basse pression	0,945 *m*
Angle d'avance	excentrique H. P.	3° 44′ 48″
	excentrique B. P.	3° 7′ 44″
Longueur des barres d'excentriques	à haute pression	1,129 *m*
	à basse pression	1,044 *m*
Course des excentriques	à haute pression	0,220 *m*
	à basse pression	0,220 *m*
Course maxima des tiroirs	à haute pression	0,142 *m*
	à basse pression	0,141 *m*

DÉSIGNATION		DIAMÈTRE ou développement	LARGEUR	RECOUVREMENT à l'admission	RECOUVREMENT à l'échappement	SURFACES ou SECTIONS
		m	*m*	*m*	*m*	
Tiroir . . .	H. P.	0,220	0,062	0,027	0	»
	B. P.	0,300	0,074	0,027	0,003	»
Lum. d'ad[on]	H. P.	0,691	0,035	»	»	A = 0,0222
	B. P.	0,942	0,050	»	»	A′ = 0,0293
Lum. d'éch[t]	H. P.	0,260	0,078	»	»	E = 0,0203
	B. P.	0,270	0,080	»	»	E′ = 0,0213

Section du tuyau d'introduction de vapeur. . . .	H. P. I =	0,0095 m^2
	B. P. I′ =	0,0123 m^2
Section du tuyau d'échappement	H, P. *e* =	0,0123 m^2
	B. P. *e′* =	0,0201 m^2
Section maxima de la tuyère avec barrette		0,0223 m^2
— minima — —		0,0013 m^2
Rapport $\frac{C}{A} = 4{,}33$; $\frac{C}{E} = 4{,}74$; $\frac{C}{I} = 10{,}12$; $\frac{C}{e} =$		7,82
Rapport $\frac{C'}{A'} = 8{,}11$; $\frac{C'}{E'} = 11{,}15$; $\frac{C'}{I'} = 19{,}31$; $\frac{C'}{e'} =$		11,82

Poids.

Poids à vide		61 810 *kg*
Poids en charge avec 0,100 *m* d'eau sur le ciel et 430 *kg* de combustible sur la grille et 100 *kg* de sable.	bogie	18 925 *kg*
	moteur B. P.	16 634 *kg*
	moteur H. P.	16 239 *kg*
	arrière	16 191 *kg*
	total	67 989 *kg*
Poids non suspendu	bogie	2 900 *kg*
	moteur B. P.	4 591 *kg*
	moteur H. P.	4 301 *kg*
	arrière	3 595 *kg*
	total	15 387 *kg*
Poids total suspendu		52 602 *kg*
Centre de gravité du poids sur rails à l'arrière de l'essieu moteur B. P.		0,574 *m*
Poids adhérent..		49 064 *kg*

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. J. F.W. CONRAD

PRÉSIDENT DE L'INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS
MEMBRE HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

Jan Frederik Willem Conrad naquit à Maestricht, le 25 mai 1825. Dès son enfance, il eut sous les yeux des exemples qui devaient décider de sa vocation. Son grand-père, en effet, était lui-même un Ingénieur de grande renommée ; en outre, son père et ses deux oncles se distinguèrent tous les trois comme Ingénieurs du corps du Waterstaat (correspondant au corps des Ponts et Chaussées en France).

L'un de ses oncles, F. W. Conrad (1860-1869) fut Membre et Président de la Commission Internationale nommée, en 1855, par Son Altesse le Khédive, pour examiner le projet du canal de Suez.

J. F. W. Conrad, fit ses études à l'Académie Militaire de Bréda qui préparait, à cette époque, les Ingénieurs militaires aussi bien que les Ingénieurs civils. Il entra au service de l'État Néerlandais, comme Ingénieur aspirant du Waterstaat, en 1845 ; il y resta jusqu'en 1891, après y avoir fait toute sa carrière. Il obtint sa retraite, à cette époque, comme Inspecteur général. La Société Royale des Ingénieurs Néerlandais l'avait, à plusieurs reprises et pendant de longues années, nommé son Président. A ce titre, il prit une part active à tous les travaux de cette Société, dont les Bulletins renferment de nombreux mémoires et d'importantes études dus à M. Conrad.

Bien que les devoirs que lui imposait son service proprement dit ne lui laissassent que peu de loisirs, il trouvait cependant le temps d'étudier beaucoup de questions techniques et de faire partie d'un grand nombre de Commissions spéciales. Dans la plupart d'entre elles, ses avis relatifs aux grands problèmes de l'art de l'Ingénieur étaient toujours précieusement écoutés. En 1868,

il fit, en compagnie de son oncle, un voyage en Danemark pour l'examen d'un projet de port de mer. Comme délégué de son gouvernement, il prit part à la plupart des Congrès Internationaux de navigation, et, en 1899, la ville d'Anvers fit appel à son expérience sur une question importante relative à l'amélioration de l'Escaut. En 1891 il fut élu Membre de la seconde chambre des États généraux. Dans cette Assemblée encore, sa voix était toujours écoutée pour tout ce qui touchait les questions techniques.

En sa qualité de Président de la Société Royale des Ingénieurs Néerlandais, M. Conrad fut appelé à avoir, avec notre Société des Ingénieurs Civils de France, des relations fréquentes et suivies. Nous avons encore présent à la mémoire l'amabilité, la cordialité avec laquelle il savait nous accueillir; il nous montrait, dans ses discours ou dans ses conversations particulières, qu'il n'ignorait rien des finesses de la langue française. En 1898, à l'occasion de notre Cinquantenaire, puis lors des réceptions des Expositions de 1889 et de 1900, c'est lui qui représentait, auprès de notre Société, l'Institut Royal des Ingénieurs Néerlandais.

Inspecteur général du Waterstaat, Membre de la seconde Chambre des États généraux et des États provinciaux de la Hollande méridionale, Membre de la Commission des travaux du canal de Suez, Président de la Société Royale des Ingénieurs Néerlandais, Commandeur de la Légion d'honneur, M. Conrad avait été nommé Membre honoraire de notre Société en 1890. Sa perte a été vivement ressentie par tous et nous laisse d'unanimes regrets.

CHRONIQUE

N° 273.

SOMMAIRE. — Progrès récents réalisés dans la construction des ponts en Amérique. — Forces motrices du Rhône. — La Compagnie de Navigation Hambourgeoise Américaine. — La houille en Turquie.

Progrès récents réalisés dans la construction des ponts en Amérique. — Nous trouvons, dans l'*Engineering News*, l'extrait suivant d'un discours prononcé par M. Henry S. Jacoby devant la section D de l'Association Américaine pour l'Avancement des Sciences, à Pittsburg, le 28 juin dernier.

L'application des principes scientifiques à la construction des ponts fait tous les jours des progrès; elle concerne : les conditions générales à remplir par l'ouvrage projeté; l'étude de chacune des parties en vue de la résistance aux charges imposées; la fabrication des matériaux employés dans la construction, l'exécution de chacune des parties de cette construction, et enfin le montage de l'ouvrage à la place qu'il doit occuper pour faire partie d'une voie de communication.

Le mode d'épreuve des ponts imposé par presque tous les chemins de fer des États-Unis consiste à les charger au moyen de deux locomotives type Consolidation suivies d'un train de composition uniforme. On prend les plus lourdes locomotives dont on puisse disposer. Il n'est pas sans intérêt de rappeler l'augmentation qui s'est produite depuis huit ans dans les charges d'épreuve d'après les statistiques dressées par Ward Baldwin et publiées dans le *Railroad Gazette* du 2 mai 1902.

Si on considère les chemins de fer dont la longueur dépasse 1 610 *km* aux États-Unis, Canada et Mexique, on n'en trouvait, en 1893, que 2 sur 77 qui imposaient des surcharges de train dépassant 6 000 *kg* par mètre courant de voie, alors que, en 1901, 13 seulement sur 103 imposent des surcharges inférieures à 6 000 *kg*. En 1893, 37 chemins de fer exigeaient des surcharges de 4 500 *kg* et 29 des surcharges de 6 000 *kg*; tandis qu'en 1901 ces dernières sont imposées par 50 chemins de fer, des surcharges de 6 750 *kg* par 14 et 17 vont jusqu'à 7 500 *kg*. La surcharge maxima a passé de 6 300 *kg* en 1893 à près de 10 000 en 1901.

De même en 1893 on ne trouvait qu'une seule administration de chemin de fer sur 75 acceptant une charge par essieu moteur dépassant 18 000 *kg*, alors qu'en 1901 seulement 13 sur 92 n'admettent que des charges inférieures à ce chiffre. En 1893, 21 seulement sur 77 admettaient des charges dépassant 13 500 *kg* par essieu moteur. La charge maxima a passé de 20 000 *kg* en 1893 à 27 000 en 1901.

L'expérience avait fait voir qu'il y avait de sérieux avantages à introduire une plus grande uniformité dans les détails et les types de pièces tant au point de vue du coût d'exécution que de la rapidité du travail; aussi a-t-on cherché à simplifier et à uniformiser d'abord les conditions

de fabrication et d'essais des matières employées dans la construction des ponts, matières qui se réduisent aujourd'hui uniquement à l'acier.

Les recherches tant scientifiques que pratiques effectuées sur ce sujet et l'élaboration de spécifications types pour les conditions à remplir par les diverses classes de matériaux amèneront forcément l'élimination de méthodes reconnues inefficaces pour ne laisser subsister que des méthodes d'épreuve capables de permettre de constater avec une exactitude suffisante l'aptitude de la matière à remplir l'objet qu'on exige d'elle.

Une plus grande uniformité dans les essais physiques et chimiques de l'acier amènera nécessairement une uniformité correspondante dans les efforts à spécifier pour les matières employées dans la construction des ouvrages. L'intérêt que présente cette question peut être apprécié par le fait que l'application des spécifications en usage actuellement dans un certain nombre de grandes lignes de chemins de fer, peut, pour la même surcharge d'épreuve, conduire à des différences de poids sur les ouvrages allant jusqu'à 29 0/0.

On constate, dans la revision qui se fait des spécifications, une tendance manifeste à tenir compte de l'influence des chocs, vibrations etc., par l'introduction de coefficients s'appliquant aux surcharges dues aux poids mobiles. Cette méthode est préférable à celle qui consiste à augmenter d'une manière correspondante les efforts totaux à subir. Toutefois, des expériences sur une grande échelle seraient nécessaires pour permettre d'apprécier quel taux d'augmentation sur la charge mobile peut tenir compte de l'effet des chocs, de manière à assurer la résistance nécessaire avec le minimum d'augmentation du poids de l'ouvrage.

Un point sur lequel une étude expérimentale serait bien utile est le rapport de l'épaisseur des couvre-joints dans les plate bandes soumises à la compression à la distance transversale entre les lignes de rivets. Il en est de même pour les montants verticaux de raidissage des ponts en tôle, pour lesquels on constate des différences si considérables dans les différentes spécifications.

Une mesure qui a produit d'excellents résultats depuis une dizaine d'années, et qui est appelée à en donner encore à l'avenir, est l'organisation, dans les Compagnies de chemins de fer, de bureaux pour l'étude spéciale des ponts métalliques. Il y a d'abord un avantage réel au point de l'économie, car on n'a à faire qu'une étude, au lieu d'en demander à un certain nombre de constructeurs pour n'utiliser qu'une seule. En outre, ce qui est encore plus important pour le développement de la construction rationnelle des ponts, l'étude des ouvrages se trouve confiée à ceux mêmes qui ont à les surveiller en service et qui, naturellement, sont aptes plus particulièrement à en connaître le fort et le faible. Pour les ouvrages d'une importance considérable, on a, aujourd'hui, recours à l'intervention d'ingénieurs-conseils en matière de ponts beaucoup plus qu'autrefois, où le rôle des constructeurs de travaux métalliques était prépondérant.

Il y a une douzaine d'années, on établissait rarement des ponts en tôle pour des portées dépassant 30 *m*. Aujourd'hui, on emploie couramment ce genre de construction pour des portées supérieures et le maximum

d'ouverture de centre en centre des points d'appui atteint 38 à 40 *m*. Ce dernier chiffre est la portée des poutres en tôle du viaduc sur la River Side Drive, à New-York, construit en 1900. C'est également à très peu près la longueur des poutres en tôle d'un pont établi sur la division de Bradford du chemin de fer de l'Érié. Les poutres en tôle les plus lourdes qui aient été établies sont les poutres de milieu d'un pont à quatre voies du New-York Central construit l'année dernière près de Lyons (New-York). Leur poids est de 103 *t* pour une portée de 32,83 *m*; la hauteur est de 3,71 *m*.

Bien que les planchers métalliques formés de fers spéciaux aient été introduits aux État-Unis depuis une quinzaine d'années déjà, ce n'est que dans ces derniers temps que leur adoption est devenue presque générale, surtout à cause de leur convenance toute particulière pour le cas des viaducs des chemins de fer aériens dans les villes. Non seulement les planchers solides peuvent permettre une réduction de largeur par rapport aux types ordinaires ouverts et amener une économie de matière, mais encore ils permettent la pose des voies sur traverses noyées dans le ballast, ce qui prévient les chocs qui, autrement, se produisent à l'entrée et à la sortie du train du pont, à moins que la voie ne soit entretenue avec un soin extraordinaire.

La nécessité de donner aux ponts une rigidité plus grande en présence de l'accroissement des charges roulantes a conduit à l'emploi des ponts à assemblages par rivets pour des portées de beaucoup plus grandes qu'il y a six ou sept ans. L'usage des ponts avec assemblages par broches pour des portées inférieures à 45 *m* n'est pas à recommander sur les chemins de fer, à cause des vibrations excessives dues à l'importance de la charge roulante par rapport au poids de l'ouvrage lui-même.

Si on emploie maintenant, d'une manière générale, les ponts assemblés par rivets pour les portées de 30 à 45 *m*, on a poussé leur usage, dans un certain nombre de cas, jusqu'à 55 *m*. Les formes récentes de ponts de ce genre ne rentrent pas, d'ailleurs, dans le caractère général des constructions européennes; elles gardent la caractéristique des types américains avec concentration de la matière dans un petit nombre de pièces relativement fortes. A de rares exceptions près, les poutres sont des systèmes Warren, Pratt et Baltimore avec triangulation simple. A une distance où on ne peut plus distinguer le rivetage, on prendrait ces ponts pour des ponts avec assemblages articulés.

Les modèles récents de ponts avec assemblages rigides et diagonales formées de pièces rivetées offrent, par contre, un contraste très marqué avec les anciens modèles d'apparence très légère avec leurs diagonales formées de tiges simples avec réglage de la tension.

Si les viaducs des chemins de fer aériens récemment établis ont été étudiés avec soin, au point de vue de la construction, on s'est aussi préoccupé, dans une certaine mesure, d'améliorer leur aspect au point de vue esthétique. On peut citer, parmi les moyens employés à cet effet, l'usage des plates-bandes cintrées, de raccords courbes entre les âmes et les barres de treillis, pour éviter le mauvais effet des angles vifs, etc. On peut citer comme exemple les ouvrages de l'Elevated R. R., de Boston, et quelques autres établis récemment à Chicago.

La plus longue portée donnée, en Amérique, à une poutre simple, se rencontre dans le pont construit, en 1893, sur l'Ohio, à Louisville. L'ouverture centrale a 168,70 *m* de centre en centre des appuis. Depuis cette époque, on a construit d'autres ponts de même genre, mais leur portée est moindre et ils sont beaucoup plus lourds. Le plus remarquable est le pont construit sur la Delaware, près de Philadelphie, pour le Pennsylvania R. R. et le pont de l'Union R. R., sur le Monongahela, à Rankin, tous deux à double voie. Le premier a été construit en 1896; chacune de ses travées fixes a 162,60 *m* d'ouverture et contient 2 100 *t* d'acier. Le pont de Rankin a été fait en 1900; sa plus longue travée a 151,20 *m* et pèse 2 800 *t*, c'est la plus lourde travée qui existe aux États-Unis. On peut ajouter que c'est le pont pour lequel la plus lourde surcharge a été spécifiée.

Les récentes modifications introduites dans les détails de construction des ponts à assemblages articulés ont eu surtout pour objet d'éliminer les incertitudes dans la répartition des efforts dans les poutres, de réduire l'effet des efforts secondaires et d'accroître la rigidité en même temps que la résistance de l'ensemble.

On a abandonné les doubles systèmes de diagonales dans les nouvelles constructions, ce qui permet de mieux apprécier les efforts exercés et de réaliser une certaine économie. Il y a plus de dix ans, on trouvait peu de ponts, surtout avec des portées faibles et moyennes, ayant des traverses inférieures aux extrémités des poutres principales. On emploie maintenant ces traverses extrêmes partout, ce qui a l'avantage de donner à la superstructure métallique une rigidité indépendante des appuis en maçonnerie. Les appuis à dilatation sont faits avec des rouleaux de plus fort diamètre et les semelles de support sont disposées de manière à répartir la pression sur une plus grande surface de maçonnerie. Dans les ponts à poutres en garde-corps, les plates-bandes supérieures sont cintrées pour donner un meilleur aspect.

On augmente la rigidité des ponts à poutres droites en employant des contreventements à assemblages rigides, au lieu des tirants à tension réglables employées auparavant. De même, les contre-tiges de tension employées dans les grandes poutres ont été remplacées par des barres à assemblages rigides ou même entièrement supprimées, les grandes barres diagonales devant résister à la fois aux efforts de tension et de compression. *(A suivre.)*

Forces motrices du Rhône. — Nous trouvons dans une brochure intitulée : *Notes et Croquis techniques sur Lausanne et ses environs*, publiée à l'occasion de la XXVIIe Assemblée générale de l'Association des Anciens Élèves de l'École Polytechnique fédérale de Zurich, à Lausanne, les 9, 10 et 11 août dernier, une intéressante notice sur la création d'usines électriques pour la traction des tramways et l'éclairage de Lausanne.

En 1898, la ville de Lausanne a acquis une force hydraulique de 14 000 *ch*, sur le Rhône, à Saint-Maurice. La transformation de cette force motrice en énergie électrique et son transport à Lausanne sont d'un intérêt tout particulier et constituent une des installations les plus

importantes de l'Europe. L'énergie est transportée à une distance de 56 *km* par un courant continu à la tension de 22000 volts, l'une des plus hautes utilisées jusqu'à présent pour un transport de force.

Cette installation fonctionne depuis le 15 mai 1902 et aurait déjà été mise en service plus tôt si l'entreprise n'avait pas subi un retard par suite des hautes eaux du 6 avril 1901.

La première partie des travaux, qui comprend le transport de 5000 *ch*, vient d'être terminée. La prise d'eau est située en amont des rapides du Bois-Noir, à la hauteur d'Evionnaz. L'eau captée passe dans un canal d'amenée de 3500 *m* et arrive au réservoir de prise en charge avec une chute utilisable de 34,70 *m* en été et de 36 *m* en hiver.

Le barrage, d'une longueur totale de 91,20 *m*, construit par la maison Probst, Chappuis et Wolf, à Nidau, est divisé par deux piles en trois travées; celle du milieu, de 48 *m* d'ouverture, est seule pourvue d'une fermeture mobile. Les deux travées de rive forment : l'une le débouché du canal d'amenée, l'autre, un déversoir pour la régularisation du niveau. Sauf les deux piles, toute la construction du barrage se trouve bien au-dessus du niveau maximum de l'eau, en sorte que, pendant la crue, le Rhône a libre passage entre les piles.

Le canal d'amenée est à ciel ouvert à sa partie supérieure, sur une longueur de 800 *m*. Il est séparé du lit du Rhône par une digne en maçonnerie noyée pendant les hautes eaux; un bassin de dépôt de 3500 m^2 de surface est destiné à dépouiller l'eau du sable et du limon. La partie inférieure du canal d'amenée, dont la longueur est de 2500 *m*, est construite en partie à ciel ouvert, en partie en tunnel artificiel sous le cône de déjection de Bois-Noir. Elle se termine par un nouveau bassin, qui sert à clarifier l'eau encore davantage et à en régler le niveau.

La prise d'eau est faite par les tuyaux à travers trois chambres séparées qui peuvent être isolées du réservoir par des vannes doubles. A l'entrée des chambres se trouve une grille. De l'autre côté partent les conduites sous pression. Une seule de ces conduites a été installée pour la première période. Elle a un diamètre de 2,70 *m* à l'intérieur, se compose de tôles rivées et suffit pour alimenter cinq turbines de 1000 *ch* et deux de 120 *ch*. Elle a été construite par la maison Escher, Wyss et Cie, à Zürich. Un canal de décharge suit la conduite sous pression jusqu'au passage du chemin de fer et se dirige ensuite vers le Rhône.

Le canal de fuite et rentrée au Rhône a une grande profondeur; il est revêtu de pierres sèches.

L'usine génératrice contient la salle des machines pour cinq groupes à courant continu et deux groupes à courants triphasés, un logement et un atelier. Les fondations sont prévues pour une installation totale de quinze groupes à courant continu et deux groupes à courants triphasés. Dans le voisinage des dynamos à courant continu, le sol de l'usine est isolé par une épaisse couche d'asphalte.

L'installation comprend cinq turbines de 1000 *ch* et 300 tours pour une chute utile de 32 *m*, et deux turbines de 120 *ch* et 750 tours. Outre

les papillons de la grande conduite, chaque turbine est munie d'un papillon.

Les turbines de 120 *ch* pour les alternateurs sont munies d'un régulateur automatique de vitesse; les cinq turbines de 1 000 *ch* fonctionnent à vitesse variable commandée par un régulateur électrique; celui-ci agit par un arbre général sur le servo-moteur de chaque turbine. Les sept turbines sont du type Francis, de la maison Escher, Wyss et Cie, à aspiration; elles ont, à vitesse normale, un rendement de 75 0/0.

Dynamos. — Les deux alternateurs de 120 *ch*, à courants triphasés, sont destinés à l'éclairage de l'usine et au réseau de Saint-Maurice; ils sont calculés pour une tension composée de 3 000 volts.

Les dynamos à courant continu, au nombre de dix, sont disposées par groupes de deux. Celles-ci sont accouplées entre elles et avec la turbine par un manchon élastique et isolant. Chacune de ces dynamos peut produire un courant constant de 150 ampères, sous 2 230 volts, à la vitesse de 300 tours. Les deux dynamos combinées absorbant la puissance totale de la turbine qui les commande, soit 1 000 *ch*, peuvent produire un courant constant de 150 ampères, sous 4 400 volts, à 300 tours. Le réglage de l'installation à courant constant est obtenu par les variations de vitesse du groupe.

L'ensemble est réglé par un régulateur automatique d'intensité qui agit par servo-moteur sur le vannage de la turbine. Ces dynamos-séries sont groupées en tension sur le même circuit à l'aide d'un tableau spécial. Le système dans son ensemble est connu sous le nom de système-série, breveté par la Compagnie de l'Industrie électrique à Genève. Il se fait remarquer par son extrême simplicité; il n'y a pas de *tableau* proprement dit. L'unique appareil, renfermé dans une colonne en fonte, est un interrupteur de court-circuit; l'ampèremètre et le voltmètre sont placés sur la machine. Pour montrer la facilité avec laquelle se manœuvre cette installation puissante, nous ajouterons qu'une petite fille de huit ans a opéré toute seule la première mise en marche de 1 000 *ch*.

Ligne de transport. — Partant de Saint-Maurice, elle traverse le Rhône à l'embouchure du canal de fuite, puis le chemin de fer Lausanne-Brigue (Jura-Simplon) au pont sur le Rhône près de Massongex, longe le grand canal de la plaine du Rhône et traverse une seconde fois le chemin de fer près de Villeneuve. De là, elle quitte la plaine, monte à Glion à travers les bois de Veytaux et de Chillon, passe à Sonzier, redescend à Gilamont près de Vevey, remonte à Chexbres, traverse la ligne du chemin de fer Lausanne-Berne sur le tunnel de Chexbres, pour arriver enfin à Belmont et de là à l'usine de Pierre-de-Plan sur Lausanne.

La ligne est constituée par un circuit unique, formé par un câble en cuivre de 150 mm^2 de section totale.

Ce conducteur-câble est supporté par des isolateurs doubles en porcelaine, formés d'une partie extérieure à triple cloche et d'une douille intérieure dans laquelle s'emboite la ferrure.

Les poteaux en bois de la ligne portent, outre les deux câbles du circuit à haute tension, un circuit téléphonique. La ligne est pourvue de parafoudres à ses extrémités.

Usine réceptrice. — A l'usine réceptrice de Pierre-de-Plan, à Lausanne, il n'existe actuellement que cinq moteurs-séries, chacun de 400 *ch* absorbant, à l'intensité de 150 ampères, une différence de potentiel de 2 150 volts.

Chaque moteur a son petit tableau de mise en marche, composé d'un voltmètre, d'un ampèremètre, d'un interrupteur de coupe-circuit et d'un interrupteur de court-circuit automatique. A Paudex, où la place est mesurée, le tableau est remplacé par une colonne en fonte qui renferme tous les appareils.

Quatre moteurs-séries actionnent chacun un alternateur triphasé à 3 000 volts, pour la distribution de la force et de la lumière à Lausanne et dans la banlieue. Deux de ces alternateurs peuvent également être actionnés directement par la machine à vapeur de réserve.

Le cinquième moteur actionne une génératrice à courant continu, système Thury, de 400 *ch*, destinée à fournir le courant aux tramways. L'installation est complétée par une dernière génératrice de réserve à 600 volts pour le tramway, et par une batterie d'accumulateurs avec survolteur, divolteur automatique système Thury.

Nous renvoyons, pour plus de détails, au *Bulletin technique de la Suisse Romande*, qui a publié, dans son numéro du 5 août 1902, une étude complète avec planches sur l'installation dont nous venons de nous occuper ici.

La Compagnie de Navigation Hambourgeoise-Américaine. — On sait que la Compagnie Hambourgeoise-Américaine est une des plus puissantes entreprises de navigation du monde. Son matériel flottant se compose de 279 vapeurs d'une jauge collective de 661 390 *tx*, dont 270 en service et 9 en construction. Sur ce total, il y a 127 navires de mer, dont 25 à deux hélices et 152 vapeurs de rivière.

Si on examine d'un peu plus près la composition de l'effectif en service, on trouve d'abord quatre paquebots à deux hélices à grande vitesse savoir: l'*Auguste Victoria* de 8 179 *tx*, le *Columbia* de 7 241, le *Fürst Bismark* de 8 430 et le *Deutschland* de 16 502. Ce dernier est jusqu'ici le paquebot le plus rapide du monde, ayant réalisé la vitesse de 23,51 nœuds (1), soit 43,54 *km* à l'heure. Ces quatre navires représentent un tonnage collectif de 40 652 *tx*, soit en moyenne 10 163. Ils sont exclusivement affectés au service rapide de Hambourg à New-York avec escales à Cherbourg et Southampton.

Vient ensuite le yacht à deux hélices *Prinzessin Victoria Luise* de 4 419 *tx*, destiné spécialement à des voyages de plaisir au long cours.

On trouve, après, 17 vapeurs à deux hélices pour service de voyageurs, dont le tonnage collectif est de 170 880 *tx*, soit une moyenne de 10 050 pour chacun. Le plus grand de ces paquebots est le *Patricia*, de 13 424 *tx* et le plus petit le *Ambria*, de 5 148.

La quatrième catégorie comprend 96 vapeurs à une seule hélice, pour service de voyageurs et marchandises, jaugeant ensemble 348 744 *tx*, ce

(1) Il a été reconnu que le record de 23,53 nœuds, attribué récemment au *Kronprinz Wilhelm*, provenait d'une erreur dans le calcul de la durée de la traversée et était inexact

qui fait une moyenne de 3 633 *tx* pour chacun. Le plus grand est le *Bengalia* de 7 661, et le plus petit le *Tsintau* de 1 588.

Les 152 vapeurs de rivière, allèges, etc., ont un tonnage collectif de 31 264 *tx*, soit une moyenne de 203 pour chacun.

Il y a encore en construction, avons-nous dit, 9 vapeurs, dont 3 paquebots à deux hélices, pour service de voyageurs. Leur tonnage collectif est de 65 430 *tx*, ce qui donnerait une moyenne de 7 260 pour chacun, mais deux sont indiqués sur la liste que nous avons sous les yeux, comme jaugeant ensemble 26 400 *tx*, ce qui ferait une moyenne de 13 200 pour chacun de ces deux, tonnage égal à ceux des plus grands paquebots de la Compagnie *Graf Waldersee*, *Pennsylvania et Prétoria*, et un peu inférieur à celui du *Deutschland*, qui est de 16 502 *tx*.

La Compagnie Hambourgeoise-Américaine exploite, outre sa ligne de Hambourg à New-York, des lignes entre Hambourg d'une part et de l'autre New-York par Boulogne, le Canada, l'Amérique Centrale, l'Amérique du Sud, l'Afrique Méridionale et Occidentale par le Cap et par le Canal de Suez, sans compter une lignes entre Gênes et la Plata, et elle va établir, au 15 décembre de cette année, un service régulier dans la Méditerranée entre Gênes, San-Remo, Monte-Carlo et Nice; ce service aura lieu trois jours de la semaine et le dimanche. On peut s'étonner de voir cette initiative prise par une entreprise allemande. Elle exploite enfin, depuis juillet 1900, un service sur le fleuve des Amazones au Brésil, service qui présente un grand intérêt au point de vue du trafic de caoutchouc, lequel arrive maintenant directement à Hambourg au lieu de passer comme auparavant par le Havre.

Le plus long voyage effectué par un paquebot de la Compagnie Hambourgeoise-Américaine a été fait par le *Numantia*, de 4 371 *tx*, qui, parti de Hambourg le 30 mars 1902, a visité successivement : Londres, Anvers, Ténériffe, Punta-Arenas, la ville la plus au sud, située dans le détroit de Magellan, diverses localités des côtes du Chili, du Pérou, de l'Équateur, du Nicaragua, du Honduras, du San Salvador, du Guatemala, du Mexique et enfin San-Francisco, Vancouver et Puget-Sound où le *Numantia* est arrivé au milieu de juillet après avoir touché à près de quatre-vingt ports.

La houille en Turquie. — Notre Collègue M. L. Journolleau a bien voulu nous adresser la note suivante.

Nous extrayons de la *Torgovo-promychlennaïa Gazetta* quelques renseignements sur la consommation de la houille en Turquie.

L'expédition moyenne annuelle pendant les années 1895-1899 des houillères de la Grande-Bretagne à destination de la Turquie, a été de 482 000 *t* pour une valeur de 248 000 livres sterling ; 75 0/0 de cette quantité, soit 358 000 *t*, étaient destinées à la Turquie d'Europe, principalement Constantinople et Salonique, et 25 0/0, soit 124 000 *t* à la Turquie d'Asie (Smyrne et Beyrouth). En 1901, l'importation a été de 400 943 *t*, d'une valeur de 324 688 livres sterling, contre 394 623 *t* valant 378 510 livres sterling en 1900.

Cette diminution sur la période précédente s'explique par les cours

très élevés pratiqués sur les marchés anglais et l'augmentation dans l'extraction des charbonnages turcs.

Le consul général d'Angleterre à Constantinople répartit comme suit la consommation de charbon de cette ville :

Lloyd Autrichien	50 000 *t*
Messageries Maritimes	20 000
Société Russe de Navigation	30 000
Florio Rubattino	12 000
Autres Compagnies	10 000
Les dépôts de charbon des marines étrangères	50 000
La marine turque	10 000
Total pour la navigation	182 000 *t*
Les chemins de fer consomment	60 000
Les usines à gaz et l'industrie	20 000
Soit en tout pour Constantinople	262 000 *t*

sans compter le chauffage et les particuliers.

L'industrie houillère turque proprement dite se développe avec une certaine lenteur.

Les principaux centres d'exploitation sont le bassin d'Héraclée, en Asie Mineure, et les gisements de la mer Noire, à 135 milles de Constantinople.

Exploitée jusqu'en 1895 par l'Amirauté turque, la concession des charbonnages d'Héraclée a été octroyée à une Société française montée au capital de 20 millions.

L'extraction actuelle de cette Société atteint 500 000 *t* annuellement, bien que, pour le dernier exercice, elle n'ait été que de 200 000 *t* environ, ce qui s'explique par les difficultés de toute sorte dues aux travaux d'aménagement du port de Zoungoundane. Il a été décidé de ne pas distribuer de dividende pour cet exercice, cette Société étant en pleine période d'organisation.

Quelques particuliers et Sociétés privées faisant du cabotage, exploitent, en outre, dans la mine d'Héraclée, quelques petits charbonnages pour leurs besoins personnels.

On signale, d'autre part, la création d'une Société anglaise au capital de 120 000 l. st. « The Kashan Collieries Limited », qui doit exploiter le charbonnage de Kashan situé à 24 milles (44 *km*) du port d'Hibridia sur la mer Egée.

Les analyses faites aux usines à gaz du Royaume-Uni font comparer ce charbon, en tant que qualité, au fameux cannel-coal d'Angleterre.

Il est question de construire un chemin de fer réunissant les puits à la côte, ou tout au moins une chaussée à traction mécanique. En attendant, les transports se font à dos de chameaux.

Il paraîtrait que les installations d'extraction et les machines seraient en place, mais il n'a pas été possible d'évaluer le coût de l'extraction.

Cette Société, bien qu'elle ait déjà dépensée 17 000 l. st. en frais de démarches, n'aurait pas encore obtenu le firman d'autorisation d'exploitation.

De ce qui précède, il ressort qu'il n'y a pas grande chance de débouchés en Turquie pour les charbons russes du Donetz.

La clientèle, principalement les Compagnies de navigation, se montrent très difficiles en ce qui concerne la qualité. Le charbon russe, très friable, à 60 0/0 de menus et un peu sulfureux, aura peine à évincer le Cardiff. Les qualités supérieures, telles que le Karpoff, ont seules chance de trouver preneurs.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

AOUT 1902.

Rapport de M. DAUBRÉE sur **les comptes de l'exercice 1901.**

Rapport de M. ED. SIMON, au nom des censeurs, sur **les comptes de l'exercice 1901.**

L'éclairage et le chauffage par l'alcool au concours international de 1902, par M. LINDET.

L'auteur complète une conférence qu'il avait faite précédemment, sur ce sujet, par l'indication des résultats obtenus depuis par les efforts des constructeurs. Il maintient la division établie dans cette conférence entre les appareils qui brûlent l'alcool à l'état liquide au moyen d'une mèche et ceux qui le brûlent après l'avoir vaporisé.

Il conclut que les progrès accomplis depuis le concours de 1901 ne sauraient être méconnus et on peut espérer voir bientôt résolu, avec toutes les garanties de sécurité et d'économie, le problème de l'éclairage et du chauffage par l'alcool. Mais, pour y arriver, il semble qu'il soit temps aujourd'hui de demander à la science ce que des forces disséminées, impatientes de conclure, insuffisamment instruites, ne peuvent apporter. Il y aurait grand intérêt à ce que la théorie vint éclairer les essais entrepris et guider l'esprit inventif de nos constructeurs.

Note sur **les moteurs, automobiles et bateaux à alcool** du concours international de 1902, par M. RINGELMANN.

On trouve dans cette intéressante note les détails les plus complets sur les essais et résultats obtenus avec ces divers appareils. La conclusion utile à reproduire est que la faible consommation, qui est précisément compatible avec les petites dimensions des réservoirs à combustible qu'on cherche à dissimuler le plus possible dans la carrosserie des voitures comme à bord des bateaux, et l'absence d'odeur désagréable montrent que l'alcool carburé à 50 0/0 peut très bien remplacer l'essence minérale pour les automobiles comme pour les embarcations.

Les alliages de cadmium et de magnésium, par M. O. BOUDOUARD.

La note étudie la fusibilité de ces alliages pour toutes les proportions des deux corps l'un par rapport à l'autre, en fait l'étude microscopique et examine les propriétés de quelques combinaisons définies.

Contribution à l'étude des alliages d'aluminium, par M. Léon Guillet.

Après des généralités sur les modes de préparation des alliages et la métallographie microscopique, l'auteur passe à l'examen détaillé d'un certain nombre d'alliages d'aluminium et d'autres métaux : le tungstène, le molybdène, le cuivre, l'étain, le titane, le fer, le manganèse, le chıome, le nickel, le cobalt, etc.

Automobiles et moteurs, par M. Eugène Brillié.

L'auteur décrit son moteur et les différents types de véhicules qu'il a été amené à établir.

Notes de mécanique. — Nous signalerons, dans ces notes, une étude, d'après M. Orde sur l'emploi des foyers au pétrole pour les chaudières marines, une autre de M. Bryan Donkin sur les moteurs à gaz de hauts fourneaux, et une de M. H. R. Molesworth sur la construction mécanique des ponts aux Etats-Unis.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

1er trimestre de 1902.

Paroles prononcées sur la tombe de M. **René Lefebvre,** Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, par M. Brosselin, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Paroles prononcées sur la tombe de M. **Chabas,** Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, par M. Fargaudie, ancien Vice-Président du Conseil général des Ponts et Chaussées.

Paroles prononcées aux obsèques de M. **Prompt**, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. Stoecklin, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Paroles prononcées aux funérailles de M. **Albert Frossard,** Inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. l'amiral Foret.

Description du réseau des tramways électriques de Marseille, par M. Denizet, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ce réseau se compose d'un ancien réseau à traction animale de 59 *km* de longueur, transformé en traction électrique en 1899-1900 et d'un nouveau réseau électrique de 44 *km*, dont la moitié est déjà en exploitation ; la construction de l'autre moitié se poursuit activement.

En ajoutant deux petites lignes reprises de Compagnies particulières, la longueur totale qui sera exploitée par la Compagnie atteindra 106 *km*. Tout ce réseau est à fil aérien avec trolley Dickinson.

Pour la production et la distribution du courant électrique, on a adopté le système consistant à produire dans une usine centrale unique

du courant alternatif à haute tension et à l'envoyer à des sous-stations pour y être transformé puis commuté en courant continu à 550 volts, susceptible d'alimenter le réseau aérien.

L'usine centrale, établie à Saint-Giniez, contient cinq batteries de cinq chaudières semi-tubulaires, et cinq groupes de 1 000 kilowatts; chacun de ces groupes étant composé d'une machine compound Corliss horizontale actionnant directement un alternateur.

Il y a six sous-stations, dont une dans l'usine centrale; chacune contient des transformateurs statiques, abaissant la tension des courants alternatifs de 5 500 à 340 volts, et des commutatrices transformant le courant alternatif à tension réduite en courant continu à 550 volts. Les conducteurs réunissant la station centrale aux sous-stations sont souterrains.

Le réseau aérien est formé de fils en bronze siliceux de 10 *mm* de diamètre suspendus par des haubans transversaux à des poteaux latéraux ou à des poteaux centraux, suivant les nécessités locales.

On emploie des voitures automotrices portant deux moteurs Thomson-Houston de 30 et 35 *ch*. Le trolley est du système Dickinson avec lequel le fil, au lieu d'être toujours au-dessus de la voie, peut être desaxé jusqu'à 3 *m*, ce qui s'obtient au moyen d'une articulation de la perche sur la voiture et du trolley sur la perche.

Les voitures portent un chasse-corps d'un système spécial, dont l'expérience a montré l'efficacité.

La voie est, suivant les parties, de trois types : Phenix de 50 *kg* pour les lignes les plus chargées, même type de 40 *kg* pour les lignes moins chargées et anciennes voies Humbert avec joint Falk pour certaines parties.

Avec quelques modifications dans l'exploitation qui se ressent encore des errements précédents, on peut admettre que le réseau de Marseille pourra passer pour un des mieux organisés et des mieux exploités.

Mémoire sur **la forme des cours d'eau à fond mobile**, par M. G. Poisson, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur s'est proposé de baser sur les lois déduites par M. l'Inspecteur général Fargue de ses observations sur la Garonne une théorie tout au moins provisoire qui fournisse des données numériques pouvant être mises en œuvre dans la pratique.

Cette théorie lui a notamment permis de signaler l'existence, dans un cours d'eau amélioré, d'un filet particulier dont les conditions d'écoulement définissent celle du cours d'eau lui-même ; ce point est des plus intéressants.

Étude de **la déformation élastique dans les pièces comprimées horizontales**, par M. G. Lebert, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Cette étude a été provoquée par l'examen d'un projet de pont transbordeur dans lequel la portée de 147 *m* était franchie par deux tabliers articulés aux pylônes (un de chaque côté) et soutenus par des haubans

partant de la partie supérieure des pylônes et par une travée centrale de 39 m articulée sur les tabliers précédents.

L'application d'une charge verticale à un point quelconque de la travée donnera lieu à une compression des poutres. L'auteur a cherché à élucider théoriquement la question en partant de l'étude de pièces horizontales uniformes comprimées, simplement reliées à des supports extrêmes, pour passer ensuite à l'étude de pièces analogues soutenues par des haubans intermédiaires. *(A suivre.)*

ANNALES DES MINES

4e livraison de 1902.

Discours prononcés aux funérailles de **M. A. Cornu**, Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des Mines, par MM. Mascart, Général Bassot, Général Debatisse, Mercadier et Poincarré.

Recherches sur **les aciers au nickel à hautes teneurs**, par M. L. Dumas, Ingénieur des Arts et Manufactures.

5e livraison de 1902.

Recherches sur **les aciers au nickel à hautes teneurs** par M. L. Dumas, Ingénieur des Arts et Manufactures *(suite et fin)*.

L'auteur s'est proposé de réunir les travaux faits par les métallurgistes et les physiciens sur les aciers au nickel, travaux épars dans diverses publications, et d'enformer un ensemble pouvant guider le producteur et le consommateur dans les applications nouvelles. L'ensemble des résultats ainsi obtenus a été complété par des observations et des considérations personnelles.

Faute de pouvoir suivre M. Dumas au cours de ce très important travail, nous reproduirons tout au moins ses intéressantes conclusions.

Les aciers au nickel, plus ou moins manganésés, carburés ou chromés, sont semblables aux aciers ordinaires au carbone, tant que les proportions de nickel, manganèse, chrome et carbone ne dépassent pas une certaine limite. Au-dessous de cette limite, le nickel, le manganèse et le chrome seuls ou associés au carbone, jouent dans ces aciers le rôle d'éléments durcissants, comme le carbone dans les aciers ordinaires, et peuvent être dosés de manière à donner toute la gamme des duretés, sans permettre cependant d'atteindre le même degré de dureté que les aciers au carbone trempés les plus durs.

Au delà d'une certaine limite, les additions de ces éléments produisent une transformation allotropique du fer contenu dans les aciers, qui fait apparaître des propriétés physiques et mécaniques très différentes de celles des aciers ordinaires, rappelant plutôt celles du laiton, du cuivre, du nickel et d'autres alliages ou métaux. Les aciers s'adoucissent alors considérablement par la trempe et ne durcissent que par

l'écrouissage. Les propriétés mécaniques de certains d'entre eux sont très remarquables, particulièrement au point de vue de l'allongement à la rupture qui est exceptionnel et de la résistance au choc qui dépasse celle de tous les alliages ou métaux connus.

Un domaine tout nouveau est donc ouvert à la métallurgie du fer par l'étude des aciers à hautes teneurs en nickel et en manganèse. En même temps, le domaine ancien est considérablement élargi, car il est doté d'éléments durcissants nouveaux, moins nuisibles que le carbone au point de vue de la fragilité.

6me livraison de 1902.

Diminution des risques d'accidents dans les houillères françaises depuis 1883, par M. O. KELLER, Inspecteur général des Mines.

L'auteur s'est servi des chiffres de la statistique officielle des accidents survenus dans les houillères françaises, statistique qui embrasse une période assez longue, 56 ans, pour servir à une étude fructueuse. On peut constater une diminution sérieuse dans la proportion des accidents et de leurs victimes. Ainsi, pour les éboulements qui sont la cause la plus fréquente des accidents, la proportion n'est plus que le quart de ce qu'elle était vers 1850. Pour les accidents de grisou, la situation, restée stationnaire de 1850 à 1890, s'est extraordinairement améliorée depuis, au point que la proportion des morts est descendue au huitième de ce qu'elle était.

En somme, dans l'espace d'une quarantaine d'années, la mortalité moyenne par accident, dans les houillères françaises, s'est abaissée dans une proportion voisine de 3 à 1.

Contribution à **l'étude géologique des gîtes minéraux de la Normandie**, par M. René MASSE, Ingénieur civil des Mines.

L'auteur s'occupe ici particulièrement du Calvados et, après avoir passé en revue les recherches faites au commencement du siècle dernier sur les gisements minéraux et notamment du fer dans ce département, examine quels éléments nouveaux les recherches entreprises et les travaux faits ont apportés et comment s'en sont trouvées modifiées ou confirmées les conclusions pratiques qu'on avait tirées des anciennes recherches.

Recherches sur **les aciers au nickel à hautes teneurs**, par M. L. DUMAS, Ingénieur des Arts et Manufactures.

Note additionnelle.

Cette note est relative aux effets produits par l'immersion dans l'air liquide de certains aciers. Il en résulte une transformation des aciers du type à basse limite d'élasticité en aciers à haute limite d'élasticité, en relevant la limite d'élasticité, augmentant la résistance à la rupture et réduisant l'allongement à la rupture et la striction. De plus, l'influence de la trempe est presque complètement annulée par le refroidissement.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 28. — *12 juillet 1902.*

Les ateliers de la Société par actions Gutehoffnungshütte, à Oberhausen et Sterkrade, par Fr. Frölich.

Exposition de Dusseldorf. — Machines pour les mines et la métallurgie actionnées par des moteurs à vapeur, par H. Dubbel *(suite).*

Exposition de Dusseldorf. — Les appareils de levage, par A. Ernst *(suite).*

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Bâtiments de la station impériale d'observation pour les tremblements de terre, à Strasbourg.

Groupe de Hambourg. — Conduite pratique des chaudières à vapeur.

Groupe de Carlsruhe. — Moteurs à gaz.

Groupe du Rhin-Moyen. — Expériences de Thomson sur les aimants à courant alternatif.

Groupe de Siegen. — L'industrie de l'acier dans le pays de Siegen.

Revue. — Fête pour l'achèvement de la 5 000e locomotive sortie des ateliers de A. Borsig.

N° 29. — *19 juillet 1902.*

Machine d'extraction jumelle à cylindres en tandem avec deux tambours coniques sur des arbres parallèles accouplés, par A. Deeg.

Nouveaux progrès dans la construction des locomotives, par A. von Borries.

Exposition de Dusseldorf. — Les appareils de levage, par A. Ernst *(suite).*

Machine à percer et fraiser pour bielles d'accouplement, par H. Fischer.

Machines agricoles, par H. Grundt *(suite).*

Groupe de Chemnitz. — Une nouvelle méthode pour obtenir un courant continu avec des courants alternatifs. — Nouvelles matières réfractaires.

Groupe de Hambourg. — Lumière électrique à arc de Bremer.

Bibliographie. — Annuaire de métallurgie par A. Vogel. — Les locomotives à l'Exposition de 1900, par F. Barbier et R. Godfernaux.

Revue. — Discours du professeur Kammerer à l'occasion de sa prise de possession du rectorat de l'École technique supérieure de Charlottenbourg. — Pont sur le Rhin de la ligne Francfort à Mayence. — Chemin de fer suspendu de Barmen à Elberfeld.

N° 30. — *26 juillet 1902.*

Notice nécrologique sur Robert Hasenclaer.

Exposition de Dusseldorf. — Les appareils de levage, par A. Ernst. *(suite).*

Nouvelle distribution pour locomotives, par M. Kuhn.

Manifestations d'altérations dans le fer et le cuivre, par E. Meyer.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Distribution d'eau de la ville de Nuremberg.

Bibliographie. — Chauffage et ventilation, par H. Rietschel.

Revue. — Reconstruction du port de Warnemnnd. — Laminoirs pour plaques de blindage à l'usine d'Ischora. — Le vapeur à turbine *Queen Alexandra.*

N° 31. — *2 août 1902.*

Acieries et laminoirs de Rendsburg.

Exposition de Dusseldorf. — Les moteurs à vapeur, par M. Dubbel *(suite).*

Exposition de Dusseldorf. — L'électricité dans les mines et la métallurgie, par H. Hoffmann *(suite).*

Les moteurs à alcool à l'Exposition de l'industrie de l'alcool à Berlin en 1902, par R. Schöttler.

Groupe de Hambourg. — Chargement automatique des grilles de foyers.

Revue. — Association des fabricants allemands de machines-outils. — Corrosion des tubes des condenseurs de machines marines. — Installation de déchargement de charbon au port municipal de Breslau. — Fours Martin des aciéries de Eskbank.

N° 32. — *9 août 1902.*

Préparation de l'oxygène au moyen de la distillation fractionnée de l'air liquide, par C. Linde.

Les ateliers de la Société par actions Gutehoffnungshütte à Oberhausen et Sterkrade, par Fr. Frölich *(suite).*

Exposition internationale de Glasgow *(fin).*

Nouvelles expériences sur des machines frigorifiques de divers systèmes en marche industrielle, par H. Lorenz.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Montage et service des installations électriques domestiques. — Nouvelles installations hydro-électriques en Norvège et notamment concours pour le projet d'une usine de 20 000 *ch* pour la ville de Christiania.

Revue. — Nouvelles méthodes de travail dans l'industrie du verre. — Conduites de vapeur pour les moteurs exposés à Dusseldorf. — Exposition de moyens de protection contre les accidents à Berlin.

N° 33. — *16 août 1902.*

Lancement du paquebot rapide à deux hélices *Kaiser Wilhelm II.*

Exposition de Dusseldorf. — Les chemins de fer et les moyens de transports par M. Bahle.

Fabrication des fers à double T à larges ailes, modèle Grey, par R. Cramer.

Les moteurs à alcool à l'Exposition de l'industrie de l'alcool à Berlin en 1902, par R. Schöttler *(fin).*

Exposition de Dusseldorf. — L'électricité dans les mines et la métallurgie, par H. Hoffmann *(suite).*

Nouvelle suspension pour cages de mines, par W. Schrader.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Les moteurs à explosion dans la navigation aérienne.

Bibliographie. — Étude et construction des machines et des coques de navires, par G. Bauer.

Revue. — Nouveaux ateliers de la Société Alsacienne de Construction Mécanique à Belfort.

N° 34. — *23 août 1902.*

Machine soufflante des usines de Donawitz, par la fabrique de machines Andritz à Graz.

Nouveautés dans les machines-outils, par H. Fischer.

Les abattoirs municipaux de Königshütte, par J. Seuff.

Machines agricoles, par H. Grundke *(suite).*

Groupe de Wurtemberg. — Nouvelles pompes à vapeur de G. Kuhn.

Revue. — 31e réunion générale des délégués et Ingénieurs des Associations internationales de surveillance des appareils à vapeur, à Zürich, les 7 et 8 juillet 1902. — Lancement du paquebot rapide *Kaiser Wilhelm II.*

N° 35. — *30 août 1902.*

Exposition de Dusseldorf. — Les machines de l'industrie textile, par G. Rohn.

Recherches sur les moteurs à gaz, par E. Meyer *(suite).*

Régularisation de la marche des moteurs à vapeur, par B. Rülf.

Exposition de Dusseldorf. — Les moteurs à vapeur, par H. Dubbel *(fin).*

Étude sur la stabilité des cheminées, par M. Preuss et Lang.

Groupe de Carlsruhe. — Armes à feu automatiques.

Bibliographie. — Les constructions métalliques, par M. Forster.

Revue. — Basculeurs pour wagons de chemins de fer. — Concours pour automobiles à alcool. — Installation de la traction électrique sur le réseau des chemins de fer des environs de Newcastle.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :
A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Die Bauarbeiten am Simplon-Tunnel, par S. PESTALOZZI (1).

Ce compte rendu des travaux de percement du Simplon est un tirage à part d'articles de l'auteur parus dans la *Schweizerische Bauzeitung* de laquelle ils ont rempli en partie une douzaine de numéros. C'est un exposé très complet des conditions d'établissement, des procédés d'exécution et des installations mécaniques de ce grand ouvrage qui s'achemine régulièrement, malgré d'énormes difficultés, vers un achèvement prochain; il y a tout lieu, en effet, d'espérer qu'il sera livré au passage des trains dans deux ans environ.

La note de M. Pestalozzi décrit d'abord les installations de force motrice, force empruntée pour la partie nord au Rhône et pour la partie sud à la Diveria, qui est un affluent du Tessin par la Toce et le Lac Majeur. Ces installations comportent, au nord, un barrage sur le Rhône, barrage dont la crête se trouve à 758 *m* d'altitude et des conduits d'amenée de l'eau d'une longueur de 3 200 *m* consistant en une galerie creusée dans le rocher, une rigole à ciel ouvert en ciment armé du système Hennebique et une conduite en tôle d'acier de 1 *m* de diamètre. Au nord, la prise d'eau est à l'altitude de 794 *m* et à environ 4 *km* de distance à vol d'oiseau de l'entrée du tunnel. Le conduit d'amenée comporte un tuyau de 1 *m* de diamètre en tôle d'acier dont la longueur est de 4 274 *m*. Ce tuyau, comme la conduite de la partie nord, franchit plusieurs fois des cours d'eau plus ou moins importants sur des ponts en bois ou en métal. On peut citer, parmi ces ouvrages, un pont en bois sur le Rhône de 55 *m* en cinq travées et un pont métallique de 40 *m* en une seule travée sur la Diveria.

Les constructions comportent des bâtiments d'administration pour l'entreprise et pour la Compagnie du Jura-Simplon, des ateliers d'entretien du matériel, des locaux pour le personnel des travaux, sans compter les constructions définitives étrangères au percement du tunnel telles que remises de locomotives, ateliers, bâtiments de station, etc., enfin tout ce qui concerne des gares aussi importantes que doivent l'être celles de Brigue et d'Iselle. Nous devons signaler tout particulièrement les installations hygiéniques pour bains et douches à l'usage du personnel à sa sortie des galeries. Ces installations très soignées sont naturellement montées sur une échelle en rapport avec le nombre très considérable de personnes qui sont appelées à en profiter.

Le travail dont nous nous occupons décrit ensuite les installations mécaniques des deux entrées du tunnel comportant turbines, pompes de compression d'eau et accumulateurs, moteurs à vapeur de réserve, com-

(1) In-4° 320 × 240. 38 p., 88 fig. Zurich, Ed Racher's Erben. 1902.

presseurs d'air, ainsi que les ventilateurs pour l'aérage, le tout à l'extérieur du tunnel ; il y a aussi les installations intérieures, ventilateurs, perforatrices, etc., et le matériel de transport. On sait que la perforation s'opère au moyen d'appareils à rotation du système Brandt, construits par la maison Sulzer frères à Winterthur, appareils fonctionnant par l'eau sous pression. Les transports s'effectuent avec des locomotives à vapeur d'une disposition particulière et des locomotives à air comprimé.

Le mémoire se termine par le relevé, sous forme graphique et sous forme de tableaux numériques, de la marche successive des travaux du percement dans leurs diverses parties. Ces relevés permettent de se rendre compte de l'accroissement progressif du taux de l'avancement depuis le commencement.

Les chiffres les plus récents, postérieurs à la publication de la note de M. Pestalozzi, permettent de prévoir l'achèvement des travaux du tunnel du Simplon dans un délai ne dépassant pas sensiblement les prévisions. L'avancement total pour le mois d'août a été de 336 *m*, ce qui porte la longueur percée à 7 730 *m* du côté nord, et 5 185 *m* du côté sud, total 12 915 *m*, soit les 0,655 ou tout près des deux tiers de la longueur totale de 19 729 *m*. Il reste donc à percer 6 814 *m*, ce qui, à raison de 11,10 *m* par jour ou 333 *m* par mois, moyenne du mois d'août, exigerait 20 mois et demi à partir du 1er septembre de cette année et mettrait par conséquent l'achèvement du percement au milieu de mai 1904. On peut ainsi espérer voir le tunnel livré à l'exploitation vers le 15 septembre de la même année, s'il ne se présente pas de difficultés nouvelles.

L'ouvrage que nous venons de présenter à nos collègues donnera à ceux que la question intéresse une connaissance exacte des conditions et des procédés de percement du tunnel du Simplon qui marquera un nouveau et très sérieux progrès dans l'exécution des grands souterrains. Cet ouvrage est illustré de 88 figures dans le texte.

A. Mallet.

IIe SECTION

Sur les principes de la mécanique rationnelle, par C. de Freycinet, de l'Institut (1).

On nous a tous pénétrés, dès le collège, de cette notion philosophique à propos des sciences exactes et des sciences d'observations, que certaines de ces dernières peuvent se transformer et passer avec le temps dans la première catégorie. Et à l'appui de cette thèse, on nous citait l'Astronomie qui a débuté par l'observation des phénomènes célestes; puis la coordination des faits observés et leur réglementation au moyen du calcul, ont fait de la mécanique céleste une science rigoureusement exacte.

Le distingué membre de l'Institut, qui a donné, dans des branches très diverses de l'activité humaine, des preuves si éclatantes d'un cerveau merveilleusement organisé et d'une incomparable puissance de travail, s'est demandé pourquoi la mécanique terrestre n'a pas réalisé

(1) In-8° de 230 × 140 de VIII-170 pages. Paris, Gauthier Villars, 1902. — Prix broché : 15 francs.

les mêmes progrès. Il en accuse nettement la Physique, dont l'état actuel ne permet pas de particulariser et de pousser aussi loin qu'il serait nécessaire, les conséquences des lois générales.

L'auteur désirerait, par suite, qu'on abandonnât la méthode qui depuis vingt-cinq ans environ, tend à faire de la mécanique une science nettement abstraite « négligeant les corps réels, construisant des sys-
» tèmes dans lesquels la masse et la force sont à l'état de coefficients et
» d'expressions analytiques, fixant un certain nombre de postulats ou
» d'axiomes et recherchant les mouvements que ces systèmes doivent
» prendre suivant des hypothèses déterminées; évitant enfin ce dua-
» lisme entre force et matière qui s'était introduit dans l'ancienne méca-
» nique ».

M. de Freycinet ne voit aucun inconvénient, au contraire, à ce que la mécanique, si logiquement appelée *rationnelle*, présente un mélange de calcul et d'observation, suivant en cela la tradition des Galilée, des Newton, des d'Alembert, des Laplace, des Lagrange.

A son avis, les changements qui doivent être apportés à ces méthodes classiques, doivent avoir uniquement pour but d'en accentuer le caractère expérimental et de mettre davantage en relief les données physiques leur servant de point de départ. Les deux parties, abstraite et concrète, sont parfaitement distinctes, l'une servant de base à l'autre, les données expérimentales, précédant et motivant les théories analytiques, les maintenant dans le domaine de la réalité et les éloignant des déceptions qu'entraînent trop souvent les plus brillants exercices de calcul.

La mécanique, en effet, repose sur des bases absolument certaines, faits concrets longuement observés et contrôlés, Or, il ne faut pas perdre de vue que les efforts des mathématiciens ont une limite naturelle imposée par notre connaissance imparfaite de la constitution des corps ainsi que des forces qui les animent; que, pour sortir des généralités afin d'aboutir à des conséquences précises, il faut faire certaines hypothèses sur la nature de ces corps, et, en outre, que ces hypothèses répondent aux conditions du monde extérieur.

Or, les seules hypothèses répondant à ces desiderata sont :

1° Celle des systèmes de points matériels reliés par des attractions mutuelles d'où est sortie l'Astronomie;

2° Celle des systèmes invariables de forme d'où est sortie la mécanique des corps solides libres ou assujettis à des liaisons.

Toutes les autres laissent beaucoup à désirer, même celles qui concernent les fluides; à plus forte raison en est-il de même pour les corps mous ou pâteux qui se prêtent fort mal à l'application du calcul.

La mécanique terrestre exige donc impérieusement la connaissance de la constitution des corps et des milieux dont a pu s'affranchir la mécanique céleste : d'où son infériorité.

Ajoutons, pour terminer, que le volume est écrit dans un style d'une correction absolue et d'une élégance bien rarement rencontrée dans les ouvrages purement scientifiques. C'est donc en même temps une œuvre des plus littéraires, ce qui ne surprendra personne quand on se rappellera que l'auteur est membre de l'Académie française.

Auguste Moreau.

Les Dirigeables, par M. H. André (1).

Voici quelques extraits de la préface où notre Collègue expose le but qu'il s'est proposé : « Sans vouloir faire une œuvre de savant, l'auteur s'est surtout attaché à rechercher le plus possible la technique du ballon dirigeable..... Pour sa construction rationnelle, il a cherché à faire intervenir les théories, les lois, les formules nécessaires permettant d'arriver, — autant que possible sans avatars et sans trop de tâtonnements, — à la réalisation du problème de la direction... C'est donc dans le but de mettre à jour certaines lois et certains essais, qu'il est indispensable de connaître si l'on veut s'occuper de cette question, que ce livre a été publié. Des emprunts ont été faits dans la *Revue de l'Aéronautique*, de M. Hervé, dans l'*Aéronaute*, dans l'ouvrage de M. Banet-Rivet, et surtout dans les Mémoires si précis de M. Soreau, où la question est développée avec grande ampleur. L'ouvrage est divisé en trois parties : la première traite ce qui est relatif à l'aérostation proprement dite ; la seconde comprend les conditions du problème, avec les lois d'aérodynamique qui lui sont relatives, et la propulsion ; la troisième passe en revue tous les projets, essais et tentatives de direction, en même temps qu'elle énumère les nouveaux projets. »

Ce livre méthodique paraît à l'heure même où beaucoup de personnes, plus ou moins compétentes, s'essaient à diriger les aérostats ; plus d'une pourra y trouver des enseignements utiles, et surtout s'y pénétrer qu'il y a des règles de construction qu'on ne saurait enfreindre : par exemple, l'installation d'un ballonnet à air et la rigidité de la suspension, mises en pratique, il y a plus de trente ans, par le grand Ingénieur Dupuy de Lôme. C'est pour avoir ignoré ou méconnu ces règles fondamentales, — qui ne sont pas les seules, — que Giffard et Tissandier, pour ne citer que les plus connus, ont échoué dans leurs tentatives, que MM. Severo et de Bradsky, pour ne citer que les plus récents, sont allés d'eux-mêmes à la catastrophe...

IIIe SECTION

Les Gazogènes, par M. Jules Deschamps (2).

Notre Collègue, M. Jules Deschamps, dont la compétence, dans les questions relatives à la production et à l'emploi des gaz pauvres, est bien connue des Membres de la Société, vient de publier un véritable traité sur les gazogènes. Ce livre paraît à son heure, car les applications des gaz pauvres deviennent de plus en plus nombreuses. Tout d'abord, presque uniquement employés par la grande et la petite métallurgie, ces gaz alimentent maintenant des moteurs à explosion de stations centrales et, grâce aux manchons à incandescence, peuvent être avantageusement utilisés pour l'éclairage.

(1) In-8°, 220 × 135, de III-354 p. avec 98 fig. Paris, Ch. Béranger, 1902. — Prix, broché : 12 fr. 50.

(2) Un volume grand in-8°, de 432 pages, avec 240 figures, Paris. Veuve Ch. Dunod, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins. — Prix : 15 francs.

Après avoir défini les gazogènes, en avoir montré lavariété et les utiles applications, M. J. Deschamps consacre trois chapitres à étudier la combustion, les combustibles et la gazéification de ceux-ci. Dans le chapitre V, l'auteur indique ce qu'il entend par « pouvoir calorifique » de ces gaz.

Les sept chapitres VI à XII sont consacrés à la description raisonnée des divers systèmes de gazogènes : à distillation, de gaz à l'eau, genres Siemens et Dowson, à combustion renversée, à deux cuves et spéciaux. Le lecteur trouve, dans ces chapitres, non seulement des renseignements sur plus de cinquante appareils, mais des considérations théoriques sur le mode de fonctionnement de chaque système, considérations permettant de mieux apprécier les avantages de chacun d'eux.

Dans le chapitre XIII, sont décrits les appareils accessoires, parmi lesquels les épurateurs, presque indispensables pour le bon fonctionnement des moteurs.

L. Salomon.

L'origine des phosphates de chaux de la Somme (1)
par M. Henri Lasne.

Nous nous trouvons ici en présence d'une étude les plus consciencieuses et des plus savantes qui aient été faites sur la question des phosphates si passionnante pour le monde scientifique et technique.

Nul mieux que notre distingué collègue, dont la haute compétence comme chimiste et comme géologue est si appréciée, ne pouvait traiter avec plus d'autorité un pareil sujet, qu'il a d'ailleurs élargi, en l'étendant à tous les phosphates en général.

L'auteur est amené, en effet, pour éclairer ses conclusions, à faire intervenir les autres gisements de phosphates connus et étudiés : lias, gault, éocène d'Algérie, phosphates de la Floride, etc. Il a dû étudier également les terrains qui renferment ces phosphates ; si bien que les conclusions s'étendent, avec les différences qui ressortent de la discussion même, à presque tous les phosphates connus, et à nombre de terrains sédimentaires.

Après un rapide historique où M. Henri Lasne rappelle la découverte des phosphates de la Somme par M. Merle et les faits qui l'ont précédée et suivie, l'auteur divise son étude en quatre parties subdivisées elles-mêmes en chapitres.

La première partie est consacrée à examiner les conditions géologiques des gisements, et, dans les premiers chapitres, le rôle joué par la *décalcification* dans l'isolement naturel du phosphate et sa séparation du calcaire dans lequel il était d'abord disséminé. L'auteur montre, suivant les circonstances concomitantes, les résultats différents de l'eau chargée d'acide carbonique s'infiltrant dans le sol et dissolvant d'abord le calcaire. C'est de cette action que résulte le creusement des poches si remarquables des phosphates de la Somme (qui se reproduisent d'ailleurs dans la craie exempte de phosphate). Il donne des bases précises permet-

(1) In-8° 280 × 175. 104 pages avec 14 planches. Paris, E. Bernard et Cie, 1901.

tant de calculer l'épaisseur de la craie enlevée par dissolution et le temps qu'il a fallu pour accomplir ce travail (un million d'années). Il montre ensuite les circonstances qui ont amené la formation des différentes variétés de phosphate pauvre, et aussi celle de certaines concrétions dans lesquelles se trouve du fluophosphate cristallisé, fait rare dans la Somme, mais très général en Floride. La conclusion de ce chapitre est que le phosphate riche des poches est le produit de la décalcification de la *craie phosphatée*, seule roche originelle, et que par suite, le problème se ramène à rechercher l'origine de cette roche sédimentaire.

C'est elle que l'auteur étudie dans les chapitres suivants. Il résulte de cette étude poussée très loin, que la craie phosphatée n'est pas un dépôt littoral comme on l'a trop souvent avancé. Elle s'est déposée dans des cuvettes qui préexistaient au fond de la mer sénonienne et dont les eaux qui amenaient le phosphate ont d'abord corrodé, durci et phosphatisé les parois : puis, la craie phosphatée s'est déposée régulièrement en couches qui vont en s'amincissant et s'appauvrissant sur les bords. Ces cuvettes tres nombreuses et d'importance très variable, s'alignent suivant un petit nombre de directions. L'auteur étend son étude comparative aux autres phosphates et montre que ce mode de dépôt ne commence, dans le bassin parisien, qu'avec l'époque sénonienne. Antérieurement, les conditions étaient différentes pendant que les phosphates de l'éocène algérien montrent la plus grande analogie avec la craie phosphatée. L'auteur donne, au sujet de cette dernière et des terrains voisins, d'intéressants détails géologiques.

La seconde partie est consacrée à l'étude chimique des phosphates. Après avoir, dans un premier chapitre, examiné les méthodes analytiques au perfectionnement desquelles il a contribué pour une large part, devant même, dès le début de ses études continuées pendant plus de vingt ans, en créer un certain nombre de toutes pièces, il donne un grand nombre d'analyses complètes de phosphates naturels de toutes provenances ; en les discutant et comparant, il montre qu'on peut, grâce aux conclusions qu'elles entrainent, classer les phosphates en un certain nombre de catégories, dont la composition est en corrélation intime avec l'origine. C'est ainsi que les phosphates sédimentaires sont tous des *fluophosphates* définis, contenant un atome de fluor pour trois de phosphore, tandis que ces deux corps se trouvent séparés sous l'influence de la vie, et que les phosphates d'origine animale ne contiennent pas trace de fluor. Cette constatation est de nature à contredire cette opinion trop répandue que les phosphates sédimentaires sont tous des résidus de la décomposition de débris animaux : cela n'est vrai que pour les phosphates concrétionnés (exemple : phosphates du Lot) qui ne sont pas sédimentaires.

Cette partie se termine par une étude des *réactions* des phosphates dans laquelle un grand nombre d'aperçus nouveaux sont mis en lumière. Les uns donnent les conditions de localisation des phosphates ; d'autres trouvent leur application en agronomie en expliquant le mécanisme suivant lequel se produit l'assimilation par les végétaux.

Dans la troisième partie, l'auteur aborde une série d'études nouvelles sur l'examen microscopique des roches phosphatées, Les phosphates

doivent être taillés en plaques minces ne présentant que quelques centièmes de millimètre d'épaisseur, pour être utilement examinés. Ces plaques permettent de définir, avec une certaine précision, la façon dont le phosphate se localise dans la roche, soit à l'état amorphe, opaque ou transparent, soit à l'état concrétionné, et formant dans ce cas des auréoles présentant de curieux phénomènes en lumière polarisée. Ces constatations jettent un jour nouveau sur la formation des roches phosphatées et détruisent bon nombre de légendes qui se sont perpétuées d'âge en âge. L'auteur a poursuivi ses investigations sur les phosphates de différentes provenances, et sur des produits obtenus artificiellement, ce qui permet de préciser certains points restés douteux; en outre, il est amené à examiner également les roches calcaires et les roches siliceuses, car le calcaire, le phosphate et la silice, ont des modes de localisation différents, que l'étude microscopique éclaire comparativement avec profit. Ces descriptions sont appuyées de nombreuses reproductions en phototypie, des clichés photographiques obtenus au microscope avec des grossissements variables suivant les cas et atteignant parfois 1 000 diamètres. Ce sont là des documents de premier ordre, et de nature à amener la conviction dans tous les esprits.

Enfin, la quatrième et dernière partie de l'ouvrage est un résumé de tout ce qui précède, avec des conclusions.

Nous voyons que, dans les premières parties, trois ordres de faits ont été complètement étudiés séparément : conditions géologiques des gisements ; composition chimique des phosphates; structure microscopique des roches étudiées. Dans la quatrième partie, tous ces faits se trouvent résumés, rapprochés, comparés et discutés. Parmi les théories de formation des phosphates, les deux admises par un grand nombre de géologues doivent être complètement rejetées : l'origine éruptive et l'origine organique. L'auteur propose, en l'appuyant sur tous les documents accumulés, une théorie nouvelle où la précipitation et la concrétion chimiques jouent le rôle principal. Il montre que le phosphate (comme le calcaire) a été apporté à la mer par de grands fleuves provenant de vastes contrées granitiques, dans l'eau desquelles il était dissout à la faveur de l'acide carbonique; que le phosphate s'est précipité avant le calcaire, ce qui est la véritable cause de sa localisation, par suite des réactions chimiques antérieurement expliquées; enfin que toutes les circonstances anciennes du dépôt, toutes les formes constatées au microscope, la présence du fluor en quantité définie, etc., trouvent dans cette origine une explication tout à fait satisfaisante.

Les nombreuses figures qui accompagnent le texte donnent, d'ailleurs, aux faits exposés par l'auteur, une évidence complète.

Comme on le voit, M. Henri Lasne a produit un ouvrage magistral où les conclusions, toutes basées sur des expériences et des travaux personnels effectués pendant plus de vingt ans, sont actuellement des plus probantes.

On ne peut que savoir gré à cet ingénieur, doublé d'un chercheur et d'un savant, d'avoir consacré une longue partie de sa carrière à la recherche de ce problème si intéressant et si controversé de l'origine des phophates. On doit lui être reconnaissant surtout, à notre modeste

avis, d'avoir trouvé la solution du problème, comme cela paraitra de toute évidence au lecteur impartial qui voudra bien, comme nous, lire et étudier ce remarquable travail.

Auguste Moreau.

IVe SECTION

Actualités scientifiques (1), par Max de Nansouty. — Félix Juven, Éditeur, Paris.

Sous le titre qui précède, notre distingué Collègue, M. M. de Nansouty, traite d'une quantité de questions relatives à des applications de la science dans les domaines de l'industrie, de la physique, de la chimie, de l'hygiène, de l'économie domestique, etc.

Nous avouons sans détour l'embarras où nous nous trouvons pour rendre compte de cet intéressant ouvrage, l'auteur ayant trouvé inutile d'établir une classification quelconque entre les nombreux sujets traités, classification qui, nous le comprenons très bien, serait sans intérêt pour le lecteur qui se borne à lire à la suite les articles sans se préoccuper plus que de raison de passer d'un domaine dans un autre.

Le mieux nous parait donc de renvoyer nos Collègues à l'ouvrage de M. de Nansouty, en leur assurant qu'ils y trouveront profit et plaisir, par l'intérêt même des sujets que l'auteur a traités et par la verve et l'esprit dont il est coutumier.

A. Mallet.

Notes et formules de l'Ingénieur, du constructeur-mécanicien, du métallurgiste et de l'Électricien (2).

La treizième édition des *Notes et Formules de l'Ingénieur, du constructeur-mécanicien, du métallurgiste et de l'électricien,* rédigée sous la direction de M.-L.-A. Barré et de notre Collègue M. Ch. Vigreux, vient de paraître. Cet ouvrage, qui ne comptait à ses débuts que 274 pages, en comporte actuellement plus de 1 700 avec 1 300 figures. Dans l'édition de 1902, un certain nombre de chapitres ont été refondus pour être mis à la hauteur des progrès actuels, d'autres y ont été ajoutés. Enfin, un vocabulaire technique des termes les plus usités en français, anglais, allemand, complète cet ouvrage qui est d'un grand secours pour tous les Ingénieurs et constructeurs ayant besoin d'avoir sous la main des renseignements condensés sous une forme immédiatement utilisable.

Nouvelle méthode d'analyse des absinthes, par MM. Sanglé-Ferrière et L. Cuniasse (3).

Toutes les méthodes d'analyse de l'alcool se réfèrent généralement à

(1) In-8°, 200 × 140, de 304 pages avec illustrations. Paris, F. Juven, 1902; prix : broché, 3 fr. 50.

(2) Un volume in-16° de 180 × 115, de 1 750 pages et 1 300 figures, prix 10 francs. Bernard, Éditeur, 29, quai des Grands-Augustins, Paris.

(3) In-16, 185 × 120 de IX-82 p. Paris, Vve Ch. Dunod, 1902. Prix broché : 2 fr. 50.

des produits qui n'ont pas été transformés en liqueur. En effet, la plupart des substances dont l'alcool est l'excipient, sucre, caramel, matières colorantes, essences, empêchent par leur présence d'effectuer les réactions chimiques. Or, il y a un intérêt véritable pour l'hygiène publique à ce que le chimiste détermine si l'absinthe a été faite avec un bon alcool, ou bien si l'on a profité de l'intensité de ses essences pour se servir d'alcools impurs à bas prix, ou même d'alcools dénaturés frauduleusement purifiés.

Les auteurs ont résolu ce problème; de plus, ils ont expérimenté et mis au point une méthode de dosage des essences proprement dites, qui donne des résultats d'une concordance très convenable.

L'ouvrage de MM. Sanglé-Ferrière et L. Cuniasse a été présenté à l'Académie de Médecine par M. le Professeur Riche, qui en a beaucoup loué la valeur et l'opportunité.

E. B.

Le Gérant, Secrétaire administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 16502-9-02. — (Encre Lorilleux).

)KAND

Per

Ekaterinbourg

Oufa

KOKAND

Orenbourg

Orek

Salees

Irgize

Kokand

Soh

o Soh

7[0]

10

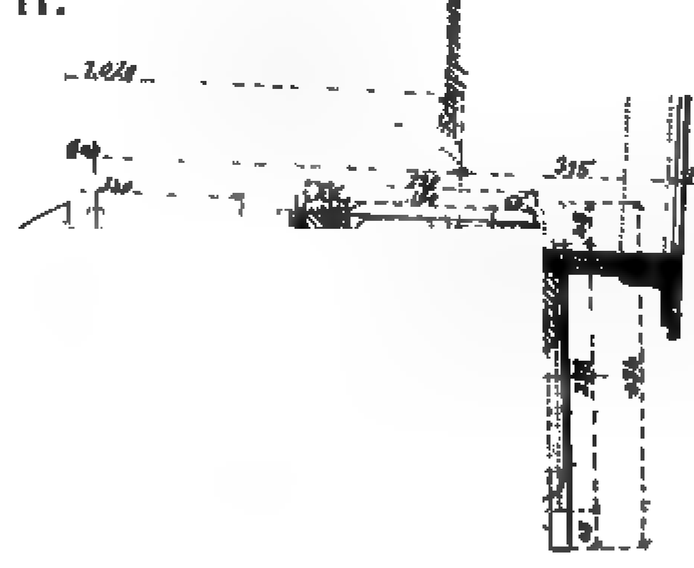
Fig. 7. — Sartes draguant un lit de rivière aurifère.

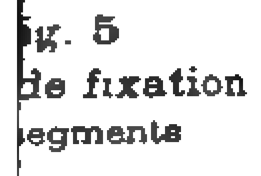
Fig. 14. — Le même coin, après sept ans d'irrigation : 1899.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — [illegible]-9-02. — (Encre Lorilleux).

ınale par l'axe de la machine

Fig. 11.

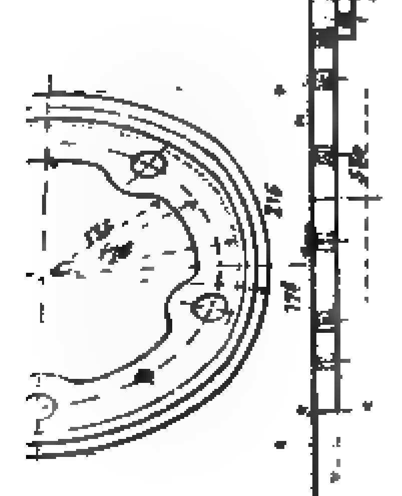




…e suivant E F G

1/2 Vue d'arrıère

…ıg. 5
…de fıxation
…segments



T

Fig

n démarrage)

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'OCTOBRE 1902

N° 10

OUVRAGES REÇUS

Pendant les mois d'août, septembre et octobre 1902, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

RINGELMANN (M.). — *Travaux et machines pour la mise en culture des terres. Enlèvement des obstacles, Défrichements, Charrues défonceuses, sous-soleuses et fouilleuses, Treuils de défoncements, Travaux divers*, par Maximilien Ringelmann (Traité des Machines agricoles) (in-8°, 275 × 175, de VIII-188 p., avec 267 fig.). Paris, Librairie Agricole de la Maison rustique; Vve Ch. Dunod, 1902 (Don des éditeurs). 42241

Arts militaires.

Recueil des Travaux techniques des Officiers du Génie de l'armée belge. Tome III, 1902 (in-8°, 255 × 165, de 211 p., avec 18 pl.). Gand, Imprimerie F. Meyer-Van Loo (Don de l'éditeur). 42028

Astronomie et Météorologie.

Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign languages. N° 10, Tokyo, 1902 (in-8°, 225 × 180, de 102 p.), 1902. 42099

Chemins de fer et Tramways.

AUVERT. — *La Traction électrique sur la ligne du Fayet à Chamonix*, par M. Auvert (Extrait de la Revue générale des Chemins de fer et des Tramways) (nos d'août 1900 et d'avril 1902) (in-4°, 315 × 225, de 27 p., avec 16 fig. et 3 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don de M. Ch. Baudry, M. de la S.). 42252

FERRO Y ZEA (E.). — *Sobre el Ferrocarril de Antioquia* (Capitulos del libro inédito, Vias de communicación con la Costa atlántica, por Ernesto Ferro y Zea) (in-12, 175 × 120, de x-80 p.). Medellin, Tipografia Central, 1902 (Don de l'auteur). 42083

NYSSENS-HART (J.). — *Les communications interurbaines à grande vitesse*, par J. Nyssens-Hart (Société Belge des Ingénieurs et des Industriels) (in-8°, 230 × 150, de 22 p.). Bruxelles, L'Imprimerie Nouvelle, 1902. 42024

PESTALOZZI (S.). — *Die Bauarbeiten am Simplontunnel.* Mit 88 Textabbildungen, von Ingenieur S. Pestalozzi in Zürich. (Sonder-Abdruck aus der « Schweizerischen Bauzeitung », Bd XXXVIII Nr. 18, 19, 20, 22, 24, und Bd XXXIX, Nr. 3, 4, 9, 10, 13, 14, 17) (in-4°, 320 × 240, de 38 p., avec 88 fig.). Zürich, Ed. Rascher's Erben (Meyer und Zeller's Nachfolger), 1902 (Don de M. H. Paur, M. de la S.). 42018

Proceedings of the Third Annual Convention of the American Railway Engineering and Maintenance- of-Way Association held at Auditorium Hotel, Chicago, Illinois, March 18, 19 and 20, 1902. Volume 3 (in-8°, 230 × 150, de 501 p., avec pl.). Chicago, Published under Direction of the Committee on Publications, 1902. 42023

Report of the Board of Rapid Transit Railroad Commissioners for and in the City of New York, up to December 31 st. 1901. Accompanied by Reports of the City Engineer and of the Auditor (in-8°, 260 × 175, de 299 p., avec illustrations). New York, 1902. 42107

RICHARDSON BLUNDSTONE (S.). — *The Universal Directory of Railway Officials, 1902.* Compiled from Official sources under the direction of S. Richardson Blundstone (in-8°, 220 × 135, de 639 p.). London, The Directory Publishing Company, Limited. 1902. 42027

Chimie.

RABATÉ (E.). — *L'Industrie des résines*, par Edmond Rabaté (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire) (in-8°, 190 × 120, de 180 p., avec 38 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1902 (Don de l'éditeur). 42087

SANGLÉ-FERRIÈRE, CUNIASSE (L.) ET RICHE. — *Nouvelle méthode d'analyse des absinthes*, par MM. Sanglé-Ferrière et L. Cuniasse. Travail fait au Laboratoire municipal de la Ville de Paris et présenté à l'Académie de Médecine en juillet 1902, par M. le Professeur Riche (in-16, 135 × 120, de IX-82 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 42238

VILLON (A.-M.) et GUICHARD (P.). — *Dictionnaire de chimie industrielle contenant les applications de la chimie à l'industrie, à la métallurgie, à l'agriculture, à la pharmacie, à la pyrotechnie, aux arts et métiers*, par MM. A.-M. Villon et P. Guichard. *Tome troisième, Fascicule 34, cahiers 56 à 60* (in-8°, 290 × 200). Paris, Bernard Tignol (Don de l'éditeur). 42017

Construction des Machines.

Association Lyonnaise des Propriétaires d'appareils à vapeur. Exercice 1901. 26e année (in-8°, 240 × 155, de 61 p.). Lyon, A. Storck et Cie, 1902. 42268

Association Parisienne des Propriétaires d'appareils à vapeur. Bulletin annuel. 27e Exercice, 1901 (in-8°, 240 × 155, de 115 p.). Paris, 1902. 42029

BACH (C.). — *Die Maschinen-Elemente. Ihre Berechnung und Konstruction mit Bücksicht auf die neueren Versuche*, von C. Bach (in-8°, 270 × 180, de xx-736 p., avec 592 fig., 3 pl. et atlas même format de 54 pl. et tables). Stuttgard, A. Krener, 1899 (Don de M. Desmarest, M. de la S.). 42104 et 42105

Compagnie électro-mécanique, 11, avenue Trudaine, Paris. Maison française Brown-Boveri et Cie. La Turbine à vapeur système Brown-Boveri-Parsons (Extrait de la Revue pratique de l'Électricité du 20 avril 1902) (in-4°, 320 × 235, de 8 p.). Laval, L. Barnéoud et Cie (Don de M. P. Desombre, M. de la S.). 42013

DUCHANOY. — *La Turbine à vapeur Parsons*, par M. Duchanoy (in-8°, 240 × 160, de 50 p., avec 16 fig.) (Extrait du Journal le Génie Civil). Paris, 1902 (Don de M. P. Desombre, M. de la S.). 42014

EUDE (E.). — *La Mécanique à l'Exposition de 1900, 12e livraison. Seizième livraison dans l'ordre d'apparition. Exposition rétrospective de la mécanique*, par M. Émile Eude (in-4°, 320 × 225, de 61 p., avec illustrations). Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 42248

LECORNU ET RICHARD (G.). — *La Mécanique à l'Exposition de 1900, 7e livraison. Quinzième livraison dans l'ordre d'apparition. Les régulateurs*, par M. Lecornu. *Les Machines marines*, par M. G. Richard (in-4°, 320 × 225, de 47 p., avec 65 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 42066

MOREAU (G.). — *Théorie des moteurs à gaz.* Conférences faites à l'Automobile-Club de France, par George Moreau (in-8°, 250 × 160, de 224 p., avec 38 fig.). Paris, Ch. Béranger, 1902 (Don de l'auteur). 42259

REYVAL (J.). — *La Pompe express Riedler*, par J. Reyval. (Extrait de l'Éclairage électrique n° 27, du 5 juillet 1902) (in-4°, 280 × 225, de 8 p., avec 10 fig.). Paris, C. Naud, 1902 (Don de MM. Morane jeune et Cie). 42016

SIMONET (J.). — *Étude sur l'organisation des différents services industriels d'une usine de fabrication mécanique, machines à coudre, bicyclettes, armes, machines à écrire, appareils d'éclairage, etc.*, par M. Jules Simonet (Extrait de la Revue de Mécanique, n° de mai 1902) (in-8°, 315 × 225, de 14 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42004

SINELL (E.). — *Bauart und Dampfverbrauch der Dampf-Turbine System Brown-Boveri-Parsons*. Ein Vortrag gehalten am 16. März 1902, in Beuthen O./Schl. Von Emil Sinell (in-4°, 285 × 215, de 32 p., avec illust.). Berlin, P. Stankiewicz (Don de M. P. Desombre, M. de la S.). 42015

Éclairage.

BOUVIER (A.). — *Ventilateur-compresseur pour gaz à l'émission*, par Adolphe Bouvier (Extrait du compte rendu du 29e Congrès de la Société technique de l'Industrie du gaz en France, tenu à Paris les 17 et 18 juin 1902) (in-8°, 240 × 155, de 9 p., avec 3 pl.). Paris, P. Mouillot, 1902 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42109

Économie politique et sociale.

Annuaire statistique. Vingt et unième volume, 1901 (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail. Statistique générale de la France) (in-8°, 280 × 180, de XLII-502 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 42018

Bordereaux de salaires pour diverses catégories d'ouvriers en 1900 et 1901 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail. Office du Travail) (in-8°, 275 × 180, de XX-233 p.), Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don du Ministère du Commerce). 42070

Bulletin de l'Association Normande pour prévenir les accidents du travail, 1902. N° 23 (in-8°, 270 × 175, de 93 p.). Rouen, au siège de la Société, 1902. 42229

Société des Amis des sciences. Compte rendu du quarante-deuxième exercice. Séance publique annuelle tenue le 30 mai 1902 (in-8°, 210 × 135, de 252 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1902. 42262

Statistique annuelle des Institutions d'assistance. Années 1899 et 1900 (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail. Statistique générale de la France) (in-8°, 275 × 180, de VI-211 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don du Ministère du Commerce). 42243

Électricité.

BAINVILLE (A.). — *L'Électricité à l'Exposition de 1900, 10e fascicule. Douzième livraison dans l'ordre d'apparition. Éclairage électrique*, par A. Bainville (in-4°, 320 × 225, de 66 p., avec 54 fig.). N° 12. Juillet 1902. Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 42065

HOLDEN (J.) et Cie. — *Accumulateurs électriques Max. Réponse à une brochure de M. X.*, par J. Holden et Cie (in-8°, 235 × 155, de 10 p.). Paris, 1902 (Don de MM. J. Holden et Cie). 42101

La Télégraphie sans fil, Son état actuel et ses chances d'avenir, d'après les essais transatlantiques de Marconi (Tirage spécial d'une série d'articles parus dans la Revue de l'Électricité) (in-8°, 180 × 120, de 65 p.). Berne, Office Polytechnique d'édition et de publicité, 1902 (Don de l'éditeur). 42102

MONTPELLIER (J.-A.). — *L'Électricité à l'Exposition de 1900, 8e fascicule. Treizième livraison dans l'ordre d'apparition. Traction électrique*, par J.-A. Montpellier (in-4°, 320 × 230, de 36 p., avec 29 fig.). N° 13, septembre 1902. Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 42240

Société d'applications industrielles (Compagnie d'entreprises électriques, 20, rue Lafayette, Paris). Distribution d'énergie dans le département de l'Aude à la tension de 20 000 volts (in-4°, 270 × 210, de 39 p., avec 19 fig. et 1 carte). Paris, Bour, 1902 (Don de la Société d'applications industrielles). 42103

Transactions of the American Institute of Electrical Engineers. Vol. XVIII (in-8°, 245 × 155, de 1044 p.). New York City, 1902. 42110

Enseignement.

Massachusetts Institute of Technology, Boston, Mass. Department of Mechanical Engineering (in-8°, 250 × 175, de 32 p., avec illust.). Boston, Geo H. Ellis C°, 1902. 42246

Filature et Tissage.

Protection des métiers à tisser. Garde-navette et pare-navette. Instructions ministérielles relatives à l'installation d'appareils pour protéger les ouvriers contre le saut des navettes (Association des Industriels de France contre les accidents du travail, Circulaire n° 22, Paris, juillet 1902) (in-8°, 240 × 150, de 5 p.). Paris, Imprimerio Chaix. 42010

Géologie et Sciences naturelles diverses.

BROOKS (A.-H.), RICHARDSON (G.-B.), COLLIER (A.-J.) AND MENDENHALL (W.-C.). — *Reconnaissances in the Cape Nome and Norton Bay Regions Alaska in 1900*, by Alfred H. Brooks, George B. Richardson, Arthur J. Collier, and Walter C. Mendenhal (Department of the Interior. United States Geological Survey) (in-8°, 295 × 195, de 222 p., avec cartes et photog.). Washington, Government Printing Office, 1901. 42094

FLAMAND (G.-B.-M.). — *Sur la présence du Dévonien inférieur dans le Sahara occidental* (Bas-Touat et Tidikelt, archipel touatien), par M. G.-B.-M. Flamand (Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, 2 juin 1902) (in-4°, 275 × 220, de 3 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1902 (Don de l'auteur). 42265

FLAMAND (G.-B.-M.). — *Sur la présence du terrain carbonifère dans le Tidikelt* (archipel touatien), Sahara, par M. G.-B.-M. Flamand (Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, 22 juin 1902) (in-4°, 275 × 220, de 4 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1902 (Don de l'Auteur). 42266

FLAMAND (G.-B.-M.). — *Sur le régime hydrographique du Tidikelt* (archipel touatien), Sahara central, par M. G.-B.-M. Flamand (Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, 21 juillet 1902) (in-4°, 275 × 220, de 3 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1902 (Don de l'auteur). 42267

SCHRADER (Ch.) AND SPENCER (A.-C.). — *The Geology and Mineral Resources of a portion of the Copper River District, Alaska*, by Frank Charles Schrader und Arthur Coe Spencer (Department of the Interior. United States Geological Survey) (in-8°, 295 × 195, de 94 p., avec cartes et photog.). Washington, Government Printing Office, 1900. 42093

Twenty-first Annual Report of the United States Geological Survey to the Secretary of the Interior. 1899-1900. Parts V, V' and VII (3 vol. in-8°, 285 × 190). Washington, Government Printing Office, 1900. 42090 à 42092

University of the State of New York. Bulletin of the New York State Museum. Nos 33 à 51 (18 br. in 8°, 265 × 170) (moins le n° 44). Albany, University of the State of New York, 1900 à 1902. 42030 à 42047

University of the State of New York. New York State Museum. Annual Report of the Regents. 1898. Vol. 1 and 2, N° 52. 1899. Vol. 1 and 2, N° 53 (3 vol. in-8° et 1 vol. in-4°) (230 × 145 et 300 × 230). Albany, University of the State of New York, 1900. 42048 à 42051

Législation.

Annuaire de l'Association internationale pour la protection de la propriété industrielle. 5e année 1901. Réunion de Lyon, novembre 1901 (in-8°, 230 × 145 de XLIV-139 p.). Paris, H. Le Soudier, 1902. 42006

Annuaire de la Société amicale de secours des anciens Élèves de l'École des mineurs d'Alais, 1902 (in-12, 170 × 110, de 349 p.). Alais, Imprimerie J. Brabo, 1902 (Don de M. Léon Peyre). 42086

Association Française pour la protection de la Propriété industrielle. Modifications à apporter à la loi du 5 juillet 1844 sur les Brevets d'invention (in-8°, 240 × 155, de 24 p.). Paris, 1902 (Don de l'Association Française). 42097

Directory of the Engineers' Club of Philadelphia containing Officers, Committees, Members, Names and Addresses, Charter, By-Laws, etc. Corrected to July 1, 1902 (in-32, 115 × 70 de 104 p.). Philadelphia, 1902. 42111

Lucas (Ch.). — *Propriété artistique des œuvres d'architecture 1793-1902.* Conférence par Charles Lucas, xxxe session du Congrès des Architectes français (Extrait de l'Architecture) (in-8°, 250 × 165, de 27 p.). Paris, J. Dumoulin, 1902 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42250

The Institution of Electrical Engineers, List of Officers and Members, Corrected to June 30 th. 1902 (in-8°, 210 × 135, de 168 p.). London, 1902. 42096

Médecine. — Hygiène. — Sauvetage.

Compte rendu des séances du Conseil d'Hygiène publique et de salubrité du département de la Seine, publié sous la direction du Préfet de Police. *Année 1895* (République Française. Préfecture de Police) (in-8°, 240 × 160, de x-481 p.). Paris, Rueff et Cie. 42261

Mamy (H.). — *La Lutte contre la tuberculose dans l'industrie.* Conférence donnée à l'Institut chimique de Nancy, par M. H. Mamy (in-8°, 240 × 160, de 11 p.). Nancy, Imprimerie Pierron et Hozé, 1902 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42084

Métallurgie et Mines.

Anuario de la Mineria Metalurgia y Electricidad de España, con una seccion de industrias quimicas, publicado por la Revista Minera Metalurgica y de Ingenieria bajo la direccion de Don Adriano Contreras. *Ano IX, 1902* (in-8°, 230 × 150, de 576 p.). Madrid, E. Teodoro, 1902. 42100

Fromholt (F.). — *Le sciage des roches par le fil héliçoïdal,* par Félix Fromholt (in-4°, 270 × 210, de 12 p.). Nancy, Imprimerie Humblot et Simon, 1902 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42112

Harzé (E.). — *Le Bassin houiller du nord de la Belgique.* Notice suivie d'un Aperçu de l'histoire économique de l'exploitation de la houille en Belgique depuis 1830, par Émile Harzé (Extrait du 4e fascicule des Annales des Travaux publics de Belgique, août 1902) (Société Belge des Ingénieurs et des Industriels) (in-8°, 235 × 155, de 34 p., avec 8 fig.). Bruxelles, J. Goémaere, 1902. 42025

Lebreton (F.)., Campredon (L.)., Barré (P.). — *Annuaire et Aide-Mémoire des Mines, de la Métallurgie, de la Construction mécanique et de l'Electricité.* Rédigé par MM. F. Lebreton, L. Campredon et Paul Barré. *Edition 1901-1902 (25e volume)* (in-8°, 250 × 160, de xvi-1024 p., avec 225 fig. et 71 cartes). Paris, E. Bernard et Cie, 1902. 42257

Rothwell (Richard, P.), Struthers (J.). — *The Mineral Industry.* Its Statistics, Technology and Trade in the United States and Other countries to the end of 1901. Founded by the late Richard P. Rothwell. Edited by Joseph Struthers. *Vol. X. Supplementing Vol. I to IX* (in-8°, 240 × 155, de xxx-982 p.). New York and London, The Engineering and Mining Journal, 1902. 42254

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

ANDRÉ (H.). — *Les dirigeables. Étude complète de la direction des ballons, des tentatives réalisées et des projets nouveaux*, par M. H. André (in-8°, 220 × 135, de III-354 p. avec 98 fig.). Paris, Ch. Béranger, 1902 (Don de l'éditeur). 42258

Ausschuss zur Unterschung der Wasserverhältnisse in den der Ueberschwemmungsgefahr besonders ausgesetzten Flussgebeiten. Beautwortung der im Allerhächsten Erlass vom 28, Februar 1892, Gestelten Frage B. Welche Massregeln Können angewendet warden, etc. (in-4°, 335 × 215, de 54 p.). Berlin, Druck von J. Kerskes, 1901 (Don de M. Stever). 42054

Bulletin de l'Association technique maritime. N° 13. Session de 1902 (in-8°, 270 × 170, de 380 p., avec 6 pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1902. 42251

CHOLLOT (J.). — *On the Improvement of the River Whangpoo for the purposes of Navigation by the Removal of the Woosung Bar*, from the French of J. Chollot (in-8°, 215 × 135, de 20 p.) (Don de M. J. Chollot, M. de la S.). 42256

IXe Congrès international de navigation, Dusseldorf 1902. Programme, Liste des Membres, Catalogue, Documents divers, Rapports et Communications. Ensemble 116 brochures. 42113 à 42228

Construction du port de Montevidéo (Loi du 7 novembre 1899). Projet. Première partie. Travaux maritimes. Deuxième partie. Travaux d'assainissement. (République orientale de l'Uruguay) (4 brochures 310 × 210). Paris, Chaix; Montevideo, Imprenta à vapor de la Nacion, 1900, 1901, 1902. 42230 à 42233

Entwurf eines Gesetzes betreffend die Herstellung und den Ausbau von Kanälen und Fluszläufen im Interesse des Schiffahrtsverkehrs und Landeskultur, etc. (in-4°, 305 × 220, de 36 p., avec 2 cartes et 8 annexes), 1901 (Don de M. Stever). 42055 à 42063

QUINETTE DE ROCHEMONT (B^on) et VÉTILLART (H.). — *Les ports maritimes de l'Amérique du Nord sur l'Atlantique*, par le Baron Quinette de Rochemont et H. Vétillart. *II. Régime administratif des voies navigables et des ports aux États-Unis* (in-8°, 240 × 155, de 592 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don du Ministère des Travaux Publics). 42236

Report of the Superintendent of the Coast and Geodetic Survey showing the progress of the Work from July 1, 1899 to June 30, 1900 (in-4°, 300 × 230, de 724 p.). Washington, Government Printing Office, 1901. 42064

Transactions of the Institution of Naval Architects. Volume XLIV (in-4°, 285 × 215, de XLVII-319 p., avec 38 pl.). London, W. C., Sold by Henry Sotheran, 1902. 42245

Physique.

Deschamps (J.). — *Les Gazogènes*, par Jules Deschamps (in-8°, 255 × 165, de 432 p., avec 240 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 42237

Wallon (E.). — *Décisions relatives au numérotage des diaphragmes.* Rapport de M. E. Wallon (Mai 1902) (Congrès International de photographie, Mai 1900. Commission permanente) (in-8°, 255 × 170, de 24 p.). Paris, Gauthier-Villars (Don de l'éditeur). 42004

Sciences mathématiques.

Laboratoire d'essais du Conservatoire national d'Arts et Métiers. Taxes (11 brochures 320 × 215). Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don du Directeur du Laboratoire d'essais). 42071 à 42081

Laurent (H.). — *Sur les principes fondamentaux de la théorie des nombres et de la géométrie*, par H. Laurent (Scientia. Juin 1902. Série physico-mathématique. N° 20) (in-8°, 200 × 130, de 68 p.). Paris, C. Naud, 1902 (Don de l'éditeur). 42009

Sciences morales. — Divers.

Castonnet des Fosses (H.). — *L'Inde française au XVIIIe siècle.* Ouvrage posthume de Henri Castonnet des Fosses (in-8°, 185 × 120, de v-559 p., avec un portrait de l'auteur et une préface de L. Leymarie). Paris. Publié par les soins de la Société de Géographie Commerciale (Don de la Société de Géographie Commerciale). 42026

Technologie générale.

Anales de la Asociacion de Ingenieros y Arquitectos de Mexico. Tome VIII. 1899 (in-8°, 240 × 170 de 292 p.). Mexico, Oficina Tip. de la Secretaria de Fomento, 1899. 42021

Association Française pour l'Avancement des Sciences. Compte rendu de la 30e session, Ajaccio 1901. Seconde partie. Notes et Mémoires (in-8°, 245 × 150 de 1250 p., avec 5 pl.). Paris, au Secrétariat de l'Association, 1902. 42082

Atti della Reale Accademia dei Lincei. Anno CCXCIX 1902. Rendiconto dell' adunanza solenne del 1 Giugno 1902 Vol. II (in-4°, 300 × 225, pages 1 à 52). Roma, 1902. 42005

Atti del primo Congresso regionale ligure di Ingegneria, Architettura e Costruzione civile, navale e meccanica in Genova, Giugno 1901 (in-4°, 310 × 230, de 58 p., avec 1 pl.). Genova, R. Strab, 1902 (Don de l'éditeur). 40882

BORODINE. — *Congrès international de pêche et de pisciculture, tenu à Saint-Pétersbourg du 11/24 février au 16 février/1er mars 1902. Procès-verbaux sommaires*, par M. N. Borodine (Revue internationale de pêche et de pisciculture. Vol. IV. N° 2. Juin 1902) (in-8°, 255 × 170 de 24 p.). Paris, A. Challamel, 1902 (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.). 42244

Bulletin de la Société industrielle de Reims 1902. Tome dix-huitième. N° 90 (in-8°, 235 × 155, p. 73 à 197). Reims, Imprimerie A. Marguin, 1902. 42089

Catalogue de la Bibliothèque du Comité des Forges de France (in-8°, 230 × 140, de 168 p.). Rennes, Fr. Simon, 1902 (Don du Comité des Forges de France). 42253

Comité des travaux historiques et scientifiques. Liste des Membres titulaires, honoraires et non résidants du Comité, des Correspondants honoraires et des Correspondants du Ministère de l'Instruction publique, des Sociétés savantes de Paris et des départements (Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts) (in-8°, 250 × 165, de 138 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don du Ministère de l'Instruction publique). 42068

CUËNOT (H.). — *Congrès international de l'alpinisme, tenu à Paris du 11 août au 15 août 1900. Procès-verbaux sommaires*, par M. Henri Cuënot (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 255 × 175, de 31 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don du Ministère du Commerce). 42098

DAVELUY (Géo) et LAIR (R.-M.). — *Exposition internationale d'hygiène, de sécurité maritime et de pêche, Ostende, août-septembre 1901. Livre d'or et Palmarès*, par Géo Daveluy et R.-M. Lair (in-8°, 225 × 150, de 103 p.). Ostende, Geo Daveluy, 1901 (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.). 42242

Festschrift zur Eröffnung des neuen Emder Seehafens durch Seine Majestät den Kaiser und König Wilhelm II im August 1901. Im Auftrage des Königlichen Staatministers und Ministers der öffentlichen Arbeiten Herrn von Thielen. Bearbeitet von C. Schweckendieck (in-4°, 385 × 270, de 79-34 p., avec photographies et 10 pl.). Berlin, Gedruckt bei Julius Sittenfeld, 1901 (Don de M. Stever). 42053

International Engineering Congress Glasgow 1901. Proceedings of Section IV, Mining and Metallurgy (The Institution of Mining Engineers) (in-8°, 245 × 155, de VI-306 p. avec 22 pl.). Newcastle-upon-Tyne, Published by the Institution, 1902. 42021

La Grande Encyclopédie. Inventaire raisonné des sciences, des lettres et des arts, par une Société de gens de lettres et de savants. *Tome trente et unième. Thermopyles-Zyrmi* (in-8°, à 2 col., 310 × 210, de 1344 p.). Paris, Société anonyme de la Grande Encyclopédie. 42269

LAMI (E.-O.) — *Dictionnaire encyclopédique et biographique de l'industrie et des arts industriels*, par E.-O. Lami. *Deuxième supplément* (in-8°, 300 × 195, de 1428 p.). Paris, Librairie des Dictionnaires. 42052

MAX DE NANSOUTY. — *Actualités scientifiques : L'air liquide, L'artillerie para-grêle, La conquête de l'espace, Télégraphie intersidérale, Le ver à soie mécanique, Les ponts géants, Les gants électriques, etc.* (in-8°, 200 × 140, de 304 p.). Paris, F. Juven (Don de l'éditeur). 42106

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers; with other selected and abstracted Papers, Vols. CXLVII and CXLVIII, 1901-1902. Parts 1 and 2 (2 vol. in-8°, 215 × 135, de VII-552 p., avec 6 pl., et de VII-494 p., avec 10 pl.). London, Published by the Institute, 1902. 42019 et 24020

Programme du Congrès des Sociétés savantes de Paris et des départements qui se tiendra à Bordeaux en 1903 (Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. Comité des travaux historiques et scientifiques) (in-8, 255 × 175, de 19 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don du Ministère de l'Instruction publique). 42069

Rapports du Jury international. Groupe 1. Education et enseignement. 1re partie. Classe 1 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195, de 1032 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition de 1900). 42234

Repertorium der Technischen Journal-Literatur. Herausgegeben im Kaiserlichen Patentamt. Jahrgang 1901 (in-8, 280 × 200, de XXXXII-1030 p.). Berlin, Carl Heymanns, 1902. 42012

Science, Arts, Nature. Revue hebdomadaire illustrée des sciences et de leurs applications et des sciences industrielles. Directeur Léon Lefèvre, *1re année, 1er semestre, Tome 1, 1901* (in-8°, 295 × 200, de 424 p.). Paris, aux Bureaux de la Revue, 1901. 42260

Shanghai Society of Engineers and Architects. Proceedings of the Society and Report of the Council 1901-1902 (in-8°, 210 × 140, de 128 p.). Shanghai, North China Herald Office, 1902 (Don de M. J. Chollot, M. de la S.). 42255

Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne, Bulletin n° 47, 1901 (in-8°, 250 × 165, de 119 p.). Saint-Quentin, Ch. Poette, 1902. 42095

The Iron and Steel Institute. General Index to Proceedings for the years 1869-1881 (in-8°, 220 × 140, de 227 p.). London, Offices of the Institute, 1883. 42263

The Iron and Steel Institute. Subject Matter-Index to Proceedings 1882-1889 (in-8°, 220 × 140, de 73 p.). London, Offices of the Institute, 1891. 42264

The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. LXI. N° 1. 1902 (in-8°, 220 × 140, de x-14-738 p., avec 39 pl.). London, E. and F. N. Spon, 1902. 42235

Transactions of the American Society of Civil Engineers. Vol. XLVIII. August 1902 (in-8°, 230 × 150, de v-588 p., avec 27 pl.). New York, Published by the Society, 1902. 42247

Turin. Exposition internationale des Arts décoratifs modernes, mai-novembre 1902. Ve Congrès de l'Association internationale pour la protection de la Propriété industrielle, 16-20 septembre. La Ville de Turin 1902. Guide publié par le Comité de la 1re Exposition internationale des Arts décoratifs modernes (in-8°, 215 × 120, de 80 p. avec 1 pl.). Turin, F. Casanova, 1902 (Don de Cav. Edoardo Bosio). 42085

Verneau (Dr). — *XIIe Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhistoriques, tenu à Paris du 20 au 25 août 1900. Procès-verbaux sommaires*, par M. le Dr Verneau (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 265 × 175, de 55 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don du Ministère du Commerce). 42108

Vidal de la Blache et Bouquet de la Grye. — *Congrès des Sociétés savantes. Discours prononcés à la séance générale du Congrès, le samedi 5 avril 1902*, par M. Vidal de la Blache et M. Bouquet de la Grye (in-8°, 265 × 175, de 31 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don du Ministère de l'Instruction publique). 42067

Travaux publics.

Annales des Ponts et Chaussées. 1re partie. Mémoires et documents. 72e année, 8e série, 2e année, 1902, 1re trimestre (in-8°, 255 × 165, de 308 p. avec 9 pl.). Paris, E. Bernard et Cie. 42011

D'Hubert (E.). — *Le Bois, le Liège*, par E. D'Hubert (Encyclopédie technique et commerciale. — I. Les matériaux de construction) (in-16, 190 × 135, de 96 p. avec 31 fig.). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1902 (Don des éditeurs). 42249

Vannetzel (H.). — *Tables de balancement des escaliers à quartier tournant*, par H. Vannetzel (in-8, oblong, 160 × 235, de 70 p. avec 384 tableaux). Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 42139

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'octobre 1902 sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

A. AGATHOCLÈS,	présenté par MM.	Salomon, E. Collin, Skousès.
A.-E. CANTAS,	—	Salomon, E. Collin, Skousès.
G. DOUMAS,	—	Salomon, E. Collin, Skousès.
E.-A.-J. GIRAUD,	—	J.-E. Giraud, Lindeboom, G. Renard.
D. HALPIN,	—	Salomon, Chapman, Vaslin.
A. INGLESSIS,	—	Salomon, E. Collin, Skousès.
M. JOANNIDÈS,	—	Salomon, E. Collin, Skousès.
A. KOUSSIDIS,	—	Salomon, E. Collin, Skousès.
Ch. LÉPINE,	—	Couriot, Blanchet, Cornier.
A. MANGE,	—	Salomon, Brière, Tordeux.
T. MURPHY,	—	Arbel, Auderut, Macaire.
L.-E. VANLAETHEM,	—	Couriot, Francq, Pierrel.

Comme Membre Associé, M.

A. NESSI, présenté par MM. Delmas, Fischer, Morand.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'OCTORBE 1902

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 3 OCTOBRE 1902

Présidence de M. L. Salomon, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de plusieurs de nos Collègues :

M. Arbey, Louis, ancien Élève de l'École centrale (1881), Membre de la Société depuis 1889. A été constructeur de machines-outils.

M. de Baritault, Achille, ancien Élève de l'École Centrale (1860), Membre de la Société depuis 1869. A été entrepreneur de dragages des Ports de la Sicile et des Provinces napolitaines.

M. Bernard-Dutreil, J.-P., Membre de la Société depuis 1897. A été Ingénieur à la Compagnie du Sud-Est Africain et a étudié l'exploitation des Mines d'or au Transvaal.

M. Bullot, E.-A., Membre de la Société depuis 1870, Chevalier de la Légion d'honneur, Ingénieur de la Compagnie Française des Métaux. Sorti de l'École des Arts et Métiers d'Angers en 1852, il débuta à la Maison Cail. En 1855, après avoir passé par la Raffinerie Lebaudy, il aborda la métallurgie en prenant la direction des Forges et Fonderies d'acier de Clichy. Se spécialisant définitivement dans l'industrie des cuivres, il dirigea ensuite les Fonderies et Laminoirs de MM. Laveissière et Fils, à Grenelle, puis à Saint-Denis. Enfin, en 1885, il devenait Ingénieur de la Société Industrielle et Commerciale des Métaux, pour le compte de laquelle il organisa toutes les Expositions de cette Société, ainsi que la construction de l'Établissement de Livourne en 1886.

M. Chaligny, R., Ingénieur des Constructions Civiles. Membre de la la Société depuis 1900.

M. Conrad, F., Membre honoraire de la Société depuis 1890, Commandeur de la Légion d'Honneur. A été Président de l'Institut Royal des Ingénieurs Néerlandais et Membre de la Commission internationale du Canal de Suez. Une notice nécrologique sera publiée au *Bulletin*.

M. Grobot, G., ancien Élève de l'École Polytechnique (1874) et de l'École Nationale Supérieure des Mines (1876), Membre de la Société depuis 1893. A été Directeur des Aciéries d'Assailly (Compagnie des Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries de la Marine et des Chemins de fer).

M. Moineau, L., Membre de la Société depuis 1898. A été fabricant de produits chimiques.

M. Pourcheiroux, A., Membre de la Société depuis 1896. A été entrepreneur de Travaux Publics et Juge suppléant au Tribunal de Commerce de la Seine.

M. Trouvé, G., Membre de la Société depuis 1896, Chevalier de la Légion d'honneur, est l'auteur d'un grand nombre d'inventions électriques appliquées à la chirurgie, à l'aviation, à la navigation, aux lampes à incandescence, à la pêche, aux fontaines lumineuses, etc. En outre, il s'était occupé des applications électriques aux petits objets de toilette, de théâtre, etc.

M. le Président adresse aux familles de nos Collègues l'expression des plus sincères condoléances de la Société.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes. Ont été nommés :

Chevaliers de la Légion d'honneur, MM. Ch. Barre, A.-R. Etchats, P.-G. Maunoury ;

Officiers de l'Instruction Publique, MM. J.-E. G. Duvignaud, D. Wourgaft ;

Officier d'académie, M. M. Marot ;

Officiers du Mérite agricole, MM. L. Denayrouze, L. Salomon ;

Chevaliers du Mérite agricole, MM. J.-A. Amiot, L. Desmarais, E. Guyot-Sionnest, A. Lecomte, A.-I. Loreau, L. Périssé, A.-S. Rodrigue, L. Serpollet ;

Grand-Croix de l'Ordre de Saint-Stanislas de Russie, M. L.-E. Bertin ;

Commandeur d'Alphonse XII d'Espagne, M. A. Combet de Larenne ;

Officiers du Nicham Iftikar, MM. Ch.-Michel et G.-H. de Vésine-Larue ;

Officier de Saint-Jacques de Portugal, M. Ch. Lucas ;

Brevet du Kim-Khanh de 2e classe (Annam), M. M. Laferté ;

MM. E. Cacheux et Ch. Lucas ont été nommés Membres du Comité départemental des Habitations à bon marché du département de la Seine.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus, laquelle sera insérée dans le prochain *Bulletin*.

M. le Président fait part à la Société des avis suivants :

La cinquième *Exposition Internationale du Cycle et des Sports* aura lieu, au Grand Palais, du 10 au 25 décembre prochain.

L'*Exposition Internationale de Photographie* s'ouvrira à Saint-Pétersbourg, au printemps de l'année 1903.

L'*Exposition Universelle de Saint-Louis* s'ouvrira au mois de mai 1904.

Le quarante et unième Congrès des *Sociétés Savantes* s'ouvrira, à Bordeaux, le 14 avril 1903.

Le quatre-vingt-troisième Congrès de l'*American Institute of Mining Engineers* commencera le mardi, 14 octobre 1902, à New Haven, Conn.

Le Consul Général d'Espagne à Paris nous a fait parvenir une note relative à l'ouverture d'un Concours pour l'exécution de la couverture et de piliers du troisième dépôt du Canal d'Isabelle II. Les documents de ce Concours sont à la disposition des Ingénieurs qui pourraient s'y intéresser, au Consulat général d'Espagne. Les propositions doivent être soumises au Ministère espagnol des Travaux Publics, avant le 10 décembre de l'année courante.

La République Orientale de l'Uruguay nous a fait parvenir un avis d'adjudication ayant trait aux Travaux d'assainissement du Port de Montevideo.

L'*Association française pour la Protection de la Propriété Industrielle* nous a adressé une circulaire énonçant certaines améliorations à apporter à la loi du 7 avril 1902.

M. le Président rappelle que *l'Association of the Birmingham Students* est venue faire une visite à la Société le 21 juillet dernier. Les Élèves-Ingénieurs anglais ont été reçus par M. Aug. Moreau, Vice-Président, qui leur a exprimé les regrets de M. le Président, et expliqué que, par suite des vacances, la réception que nous pouvions leur faire était malheureusement limitée. Néanmoins, la Société leur a facilité la visite de certains travaux pouvant les intéresser dans la capitale.

M. Ch.-M. Pelletier a la parole pour sa communication sur des *Applications de tiroirs cylindriques et d'enveloppe de vapeur à des locomotives compound, à quatre cylindres, de la Compagnie de l'Est.*

M. Ch.-M. Pelletier expose que des relevés de courbes d'indicateur, effectués vers la fin de l'année 1899, sur une machine à trois essieux couplés compound, quatre cylindres, de la Compagnie de l'Est, avaient attiré l'attention sur une certaine insuffisance des passages offerts à la vapeur par les organes de distribution des machines de ce type, quand elles atteignent des vitesses de rotation supérieures à 250 tours environ par minute.

A la suite de ces constatations, des tiroirs cylindriques genre américain ont été appliqués, d'abord à deux machines 2/4 d'essai, G. V. (bogie, deux essieux couplés), roues de 2,05 *m*; puis à vingt machines 3/5 (trois essieux couplés, bogie) roues de 1,74 *m*, spécialement étudiées.

L'application de ces tiroirs a permis d'allonger les lumières de 50 0/0 à 75 0/0 par rapport aux lumières des tiroirs plans, et d'étudier les con-

duits de vapeur, de façon à éviter les échanges nuisibles de chaleur à travers les parois entre la vapeur à différentes températures. En outre, des enveloppes partielles de vapeur ont été appliquées aux cylindres haute pression et basse pression.

Les résultats en service courant fournis par ces vingt locomotives d'un nouveau type ont été entièrement satisfaisants.

Quatorze de ces machines, ayant assuré pendant cinq mois consécutifs le même service que huit locomotives à tiroirs plans, ont réalisé une économie moyenne constante de 1 *kg* de combustible par kilomètre-train. En outre, il a été constaté que les diagrammes relevés sur les machines à tiroirs cylindriques étaient d'un meilleur aspect que ceux relevés avec tiroirs plans. Enfin, les machines à tiroirs cylindriques atteignent plus facilement les grandes vitesses.

M. le Président demande si personne ne désire prendre la parole au sujet de cette communication. Puis il remercie M. Pelletier d'avoir bien voulu nous communiquer les résultats intéressants des essais qu'il vient de nous exposer.

M. le Président, avant de donner la parole à M. E.-D. Levat, rappelle à la Société que notre Collègue a déjà rempli diverses missions fort intéressantes en Nouvelle-Calédonie, en Guyane, en Sibérie, etc.

M. E.-D. Levat fait ensuite sa communication sur *le Turkestan et la Boukharie au point de vue des Chemins de fer, des Mines et des Irrigations.* Cette communication est accompagnée d'intéressantes projections de photographies dues à l'auteur.

M. E.-D. Levat rend compte des résultats de la mission qui lui a été confiée par M. le Ministre de l'Instruction publique au Turkestan et en Boukharie. Ces pays ont subi une profonde transformation dans le courant des vingt dernières années. La création des chemins de fer y a joué un rôle important.

Quel plan d'ensemble a été suivi ?

Quels moyens financiers ont été employés ?

Quel est l'avenir de ces pays neufs ?

Tels sont les points principaux que M. Levat se propose d'aborder.

Après avoir résumé dans ses grands traits la période de la conquête russe, M. Levat montre l'appui précieux qu'a apporté le chemin de fer de la Caspienne à Samarcande, qui a suivi de près l'occupation. Cette ligne, continuée depuis, jusqu'à Tachkent d'une part, et jusqu'à Andidjan de l'autre, dessert admirablement les intérêts politiques et économiques de l'Asie russe. Le « Central Asiatique » dessine en réalité une deuxième parallèle, ayant les Indes comme objectif, tandis que le Transsibérien a été la première étape vis-à-vis de la Chine.

Il restait à compléter l'effet utile de ce réseau, en le reliant aux lignes européennes de l'Empire. C'est cette lacune que vient combler la ligne d'Orenbourg à Tachkent, qui mesure 2 300 *km* de longueur et qui, commencée en 1901, sera ouverte à la circulation en 1904.

M. Levat entre dans les détails de cette construction et y montre les caractères généraux des méthodes russes en fait de chemins de fer en pays neufs : passer d'abord, parachever ensuite, en cours d'exploitation.

Abordant ensuite l'examen des richesses minérales des régions traversées par la mission française, M. Levat examine successivement les gisements aurifères et les combustibles minéraux.

Mines d'or. — C'est en Boukharie Orientale, sur les pentes des monts du Darvaz, que se trouvent les principaux gisements du métal précieux. Leur origine est due à l'action combinée des glaciers de l'époque éocène et celle des mers de cette même période géologique. Les conglomérats formés par ces actions concomitantes ont été ensuite l'objet de phénomènes d'érosion d'une grande puissance, en vertu desquels l'or s'est concentré dans le thalweg des vallées actuelles.

Les Sartes, indigènes, travaillent activement ces alluvions par des moyens tout à fait primitifs. La conclusion de M. Levat est que ces dépôts doivent être exploités par des procédés mécaniques, au sujet desquels il donne des renseignements complets.

Combustibles minéraux. — Leur importance est d'autant plus grande que le chemin de fer est obligé, en ce moment, de chauffer avec des résidus de pétrole, qui viennent de la Caspienne, avec un trajet de près de 2 500 *km*. Quand le réseau sera complété, ce sera 4 000 *km* qu'il faudra approvisionner.

Les combustibles minéraux, tant solides que liquides, ne manquent d'ailleurs pas dans ces contrées. Les charbons, qui appartiennent en majorité aux terrains secondaires, comme c'est la règle sur le continent asiatique, affleurent sur de nombreux points. M. Levat les passe en revue et montre que leur mise en exploitation est une question de temps et de capital, toujours si rare dans les pays neufs. Il en est de même pour le pétrole, en vue duquel des sondages sont en cours d'exécution.

Irrigations. — La dernière partie de la communication de M. Levat est réservée aux travaux d'irrigation que les Russes exécutent en ce moment dans leurs nouvelles possessions. Leur influence sur le développement de la richesse publique ne s'est pas fait attendre. La gare de Kokand a eu, en 1901, une recette totale de 8 532 000 *f*, dont 8 millions pour les marchandises. Les produits du pays sont, principalement, le coton, la soie et les grains.

Ces travaux sont exécutés aux frais de l'État. M. Levat montre que ces sacrifices sont amplement et rapidement compensés par les accroissements de revenus de toute sorte qui en sont la conséquence immédiate.

Comme conclusion, M. Levat exprime le vœu que ces contrées nouvelles, dont le public français se désintéresse trop, parce qu'il ne les connait pas encore, deviennent un nouveau but pour notre activité industrielle et commerciale.

M. le Président remercie très vivement M. Levat de cette communication extrêmement suggestive, et dit qu'il ne peut que s'associer aux vœux exprimés par le conférencier, avec l'espoir que plusieurs de nos Collègues iront coopérer à la mise en valeur de ces contrées.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. A. Agathoclès, A.-E. Cantas, G. Doumas, D. Halpin, A. Inglessis, M. Joannidès, A. Koussidis, Ch. Lépine, A. Mange, T. Murphy, L.-E. Vanlaethem, comme Membres Sociétaires;

Et de : M. A. Nessi, comme Membre Associé.

M. E.-A.-I. Giraud est admis comme Membre Sociétaire.

La séance est levée à 11 heures et demie.

Le Secrétaire,
J.-M. Bel.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 17 OCTOBRE 1902

Présidence de M. L. Salomon, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de trois de nos Collègues :

M. Brotherhood, Peter, membre de la Société depuis 1880, constructeur bien connu par le dispositif de moteur qui porte son nom;

M. Bourcart, Henry, ancien Élève de l'École Centrale (1846), Membre Fondateur de la Société (1848), Chevalier de la Légion d'Honneur, fut filateur de coton à Guebwiller (Alsace-Lorraine), et à Montbéliard (Doubs);

M. Mangini, Félix, ancien Auditeur de l'École des Mines (1861), Membre de la Société depuis 1874, Officier de la Légion d'Honneur, fut Administrateur de la Compagnie des Dombes et des Chemins de fer du Sud-Est.

M. le Président adresse à leurs familles l'expression des sentiments de condoléance de la Société.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que notre Vice-Président M. L. Coiseau, et MM. F. Allard et A. Couvreux, ont été nommés Commandeurs de l'Ordre d'Isabelle la Catholique d'Espagne, à l'occasion de l'inauguration du Port de Bilbao par Sa Majesté Alphonse XIII; M. le Président ajoute que cette marque de distinction est très flatteuse pour le Génie civil français, si dignement représenté à l'étranger par nos Collègues qu'il félicite tout spécialement.

M. E. Cacheux a été nommé Chevalier de l'Ordre de Léopold pour

trois grands prix qui lui ont été décernés à l'Exposition d'Ostende pour ses travaux sur l'hygiène, le sauvetage et les habitations à bon marché.

M. G.-L. Pesce a été nommé Officier de Saint-Jacques du Portugal.

M. le Président adresse à ces Collègues les sincères félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT signale l'inauguration du Viaduc du Viaur, construit par la Société de Construction des Batignolles et dont notre Collègue et Vice-Président M. P. Bodin est l'auteur principal, ce qui lui a valu les félicitations méritées de M. le Ministre des Travaux publics.

M. P. BODIN demande alors la parole, pour remercier M. le Président de ses félicitations et ajoute qu'elles doivent aussi s'adresser, pour cette œuvre importante, à deux de nos Collègues, MM. Fouquet, Administrateur de la Société des Batignolles, et Godfernaux, qui a été Ingénieur en chef de cette Société. Il demande qu'il en soit fait mention au procès-verbal. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Cette liste sera insérée dans le prochain *Bulletin*.

M. LE PRÉSIDENT annonce que notre Société avait délégué M. Manfredini, notre Collègue, pour la représenter au dixième Congrès des Ingénieurs et Architectes Italiens, qui a lieu à Cagliari du 14 au 21 octobre courant.

Ce Congrès, sous la signature de son Président, M. Mossa, nous a adressé hier un télégramme de remerciements.

M. R. SOREAU a la parole pour sa Communication sur une *Nouvelle loi de la résistance de l'air en fonction de la vitesse*, dont voici le résumé :

M. R. SOREAU expose pourquoi tous les phénomènes où le mode d'écoulement d'un fluide intervient d'une façon prépondérante sont si difficiles à analyser et à représenter par des formules rationnelles. C'est ainsi qu'on peut dire, sans viser au paradoxe, que l'Hydrodynamique actuelle se divise en deux parties ayant pour caractéristique un désaccord profond. L'une, purement théorique, est basée sur de simples concepts, tels que le liquide parfait ; elle ne satisfait point les esprits positifs, et n'a guère d'autre utilité que de former un fonds pour les concours de licence. L'autre, purement expérimentale, ne donne que des résultats bruts, où l'on ne démêle pas les effets propres à chacune des causes qui sont en jeu : suivant la comparaison si juste de M. Poincaré, c'est un amas de pierres, mais ce n'est pas l'édifice.

Entre ces deux méthodes extrêmes, il y a place pour une méthode plus logique et plus féconde : elle consiste à étudier le phénomène dans un champ aussi vaste que possible, à en disséquer les circonstances et surtout les apparentes singularités, puis à imaginer des relations en fonction des constantes physiques, relations qu'il faudra modifier successivement jusqu'à ce que toutes les déductions qu'on en tire par le calcul soient rigoureusement conformes aux résultats expérimentaux. De ces relations primaires, ainsi constamment asservies à la souveraineté du Fait, la synthèse mathématique fera finalement jaillir la loi

du phénomène, — non pas une banale loi empirique, obtenue en introduisant dans une formule *ad hoc* assez de paramètres pour faire passer la courbe représentative par un certain nombre de points déterminés expérimentalement, — mais une loi dégagée de ces parasites, une loi qui contient les constantes physiques et n'en contient pas d'autres, en un mot une loi qui ait chance d'être exacte.

La recherche d'une telle loi n'est pas un problème purement spéculatif, et sa connaissance a un réel intérêt technique ; dans l'art de l'Ingénieur, qui progresse si vite, tout doit concourir à permettre d'aller de l'avant avec le minimum d'aléas ; or, avec les lois empiriques usuelles, la vérité de la veille est l'erreur du lendemain : la loi exacte supprime les incertitudes ; elle est le guide le plus sûr pour de nouvelles applications ; elle les provoque et les fait naître.

Avant d'aborder l'étude du phénomène qui fait plus particulièrement l'objet de sa Communication, notre Collègue rappelle, pour illustrer ces considérations générales, les magistrales études de M. Sarrau, membre de l'Institut, sur les propriétés balistiques de la poudre, ainsi que la loi qu'il a lui-même donnée récemment pour déterminer la pression due au déplacement dans l'air de plans rectangulaires inclinés d'allongements différents (séance du 2 mai). Les formules de M. Sarrau ont élargi les bases de la Balistique, et, dans un ordre matériel plus immédiat, elles ont largement contribué à l'invention des poudres modernes. La formule de M. Soreau réunit et explique des résultats expérimentaux souvent considérés comme contradictoires ; elle est un acheminement direct vers la théorie qui déterminera, non seulement la pression totale, mais encore la pression en chaque point de surfaces de formes plus compliquées.

Ces préliminaires posés, notre Collègue examine la loi de la résistance de l'air en fonction de la vitesse. Il constate tout d'abord que la pression due à l'aspiration arrière tend vers une limite, qui est la pression correspondant au vide absolu, d'où il résulte que la pression totale ne peut être rigoureusement proportionnelle au carré de la vitesse. Il montre ensuite que le phénomène, aussi bien pour un disque plan que pour un projectile, est fonction d'ébranlements ayant deux centres principaux, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière, puis il fait voir, par des photographies de l'air environnant les projectiles et par l'analyse des faits ainsi révélés, que la résistance dépend de la vitesse a de propagation des mouvements ondulatoires dans l'air, autrement dit de la vitesse du son. A l'unité conventionnelle de vitesse, soit le mètre par seconde, il convient donc de substituer une unité physique, la vitesse du son, ce qui est infiniment plus rationnel.

M. Soreau explique comment il a été conduit à prendre pour la résistance une forme exponentielle $R = KV^2e^{f(V,a)}$, et il indique la valeur de f. La courbe $y = e^f$ a un minimum et un maximum pour les vitesses de 100 et 580 m/s environ, vitesses équidistantes de a. Dans les régions qui comprennent ce maximum ou ce minimum, il convient de recourir à la formule exacte; mais la résistance peut se mettre approximativement sous les formes $KV^2(\alpha - \beta V)$ de 0 à 50 m/s, $KV^2(\alpha + \beta V)$ de 150 à 500 m/s, $KV^2(\alpha - \beta V)$ de 700 m/s à l'infini ; aux très faibles ou aux

très grandes vitesses, βV est très petit par rapport à α, de sorte qu'on a sensiblement alors la loi du carré; c'est l'inverse qui se produit dans les environs de la vitesse du son, et même l'on a $\alpha = 0$ pour $V = a$: on trouve alors la loi du cube. Ainsi s'expliquent les nombreux avatars de la loi de la résistance de l'air, qui a fait l'objet des recherches de si nombreux savants : Newton, Euler, Bernouilli, Legendre, Piobert, Morin, Didion, Poncelet, pour ne citer que les plus éloignés de nous; avec les progrès de l'artillerie, il fallut abandonner la loi de Newton pour la loi binôme de Piobert ou la loi du cube enseignée pendant quelque temps à l'École de Fontainebleau, puis revenir, pour les très grandes vitesses actuelles, à la loi du carré.

Ce qui se passe pour les projectiles donne, sinon la loi exacte de la résistance au mouvement orthogonal d'un disque, du moins la forme générale de cette loi, car, sauf pour le frottement, les conditions caractéristiques ne diffèrent pas autant qu'on pourrait être tenté de le croire. Dès lors, les problèmes de Balistique exceptés, la loi du carré est presque rigoureusement exacte dans les limites de vitesses où il faudra l'appliquer : ainsi le coefficient K de l'expression KV^2 ne diminue pas de 3 0/0 entre 1 et 50 *m/s*, soit entre 4 et 180 *km/h*. C'est donc à tort qu'on a parfois soupçonné la loi du carré, à la suite d'expériences mal faites.

M. Soreau termine en disant qu'il s'est proposé, moins de présenter une formule nouvelle utile aux rares Collègues qui s'occupent d'artillerie, que d'attirer l'attention sur l'intérêt qu'il y a à substituer des relations rationnelles aux formules empiriques. Cette substitution ne peut manquer d'avoir une heureuse influence sur le développement de la Mécanique appliquée. Elle est, d'ailleurs, rigoureusement conforme au véritable esprit de la Philosophie naturelle, et, dans cet ordre d'idées, notre Collègue ne peut se défendre de signaler les admirables pages que vient d'écrire M. Poincaré dans un livre qui paraît aujourd'hui sous ce titre suggestif : *La Science et l'Hypothèse.*

M. le Président remercie très vivement M. Soreau de son importante Communication qui vient apporter une lumière nouvelle sur ces questions que M. Soreau connait si bien.

M. Léon Appert a ensuite la parole pour sa Communication sur *le Verre armé*, et dont voici le résumé :

Avant de décrire les nombreux procédés qui ont été proposés en France et à l'étranger pour fabriquer ce verre, M. Léon Appert rappelle les propriétés du verre en général et celles qui lui font plus particulièrement défaut et qui en limitent l'emploi, l'interdisant même dans un grand nombre de circonstances.

Ces propriétés, peut-on dire négatives, sont son manque d'élasticité et sa faible cohésion.

Il rappelle quels sont les procédés qui ont été proposés pour remédier à ces inconvénients inhérents à l'emploi du verre et il cite, en particulier, le procédé de M. de la Bastie destiné à produire un verre doué d'une élasticité toute spéciale et, par suite, beaucoup moins fragile que le verre fabriqué dans les conditions ordinaires : ce verre était obtenu en utilisant les phénomènes qui accompagnent ordinairement la trempe

et en y procédant à l'aide de liquides appropriés. Ce verre avait reçu le nom de *Verre trempé*.

Il cite également le procédé expérimenté en France, en particulier par M. Desmaisons, en Allemagne par M. Siemens, basé sur le même principe, et destiné à produire un verre plan ou verre de vitrage auquel avait été donné le nom de *Verre durci*.

M. Léon Appert rappelle qu'on a pu, fort heureusement, utiliser dans ces dernières années une autre propriété que possède le verre et qui est celle de se souder à chaud avec certains métaux et particulièrement avec le fer, à l'état de fer pur ou d'acier. Cette propriété a permis d'obtenir un produit répondant, en grande partie, aux conditions de résistance et d'emploi demandées, sous la forme de verre plan ou verre destiné au vitrage : il a reçu le nom de *Verre armé*.

Il est caractérisé par l'introduction dans son épaisseur d'un réseau métallique de fer ou d'acier placé à égale distance de chacune des faces de la feuille de verre.

Les nouvelles propriétés que le verre a ainsi acquises sont : la *ténacité* et la *cohésion*.

Il indique ensuite quelle est la nature des verres dont la composition est la plus propre à répondre aux besoins de cette fabrication ainsi que la forme des réseaux métalliques employés et les procédés au moyen desquels ces réseaux sont préparés avant leur incorporation dans le verre.

Il insiste sur la nécessité d'avoir des réseaux exempts d'altérations de quelque nature qu'elle soit, et il signale à ce propos les procédés proposés pour en opérer le nettoyage ou pour en empêcher l'altération.

Passant aux procédés de fabrication ou d'incorporation proprement dits, il cite, parmi tous ceux qui ont été imaginés en France, en Allemagne, en Angleterre ou aux États-Unis, les deux procédés, qui, seuls, ont jusqu'ici donné satisfaction, au point de vue de la fabrication et du prix auquel ils permettent de produire le verre armé.

Ces procédés sont : le procédé *Shuman*, auquel, aux États-Unis, on a donné le nom de procédé *solid*, et le procédé *Appert*, auquel on a donné le nom de procédé *sandwich*, qualifications destinées à rappeler les conditions dans lesquelles s'opère la fabrication pour chacun d'eux.

Ces procédés, regardés comme le type des moyens de fabrication les plus complets et les plus réussis qui aient été proposés, ont été successivement imités, sous le prétexte de les perfectionner, par un grand nombre d'inventeurs auxquels des brevets ont été accordés postérieurement.

Il montre, au moyen de projections schématiques, le mode de fonctionnement de chacun de ces procédés, en insistant sur les analogies qu'ils présentent, avec les deux procédés précités : le procédé *solid* et le procédé *sandwich*.

Il décrit ensuite la nature des essais qui ont été faits sur les verres armés de diverses provenances fabriqués jusqu'ici.

Ces essais avaient pour but, tout en les comparant entre eux, de fixer les dimensions sous lesquelles ce verre devrait être employé avec sécurité, suivant les usages auxquels il était destiné.

Ces essais ont été de deux sortes : les uns ayant un caractère simplement démonstratif, et destinés, en frappant les yeux du public, à montrer la sécurité que ce verre procure; les autres ayant un caractère plus scientifique et qui ont été faits dans les divers laboratoires industriels, tels que ceux de Charlottenbourg, en Allemagne, de Saint-Gobain, en France, et aux États-Unis dans le laboratoire d'essais de l'arsenal de Watertown, sur la demande du Gouvernement américain.

Après avoir déterminé la nature des services que ce verre peut rendre, M. Léon Appert cite les usages auxquels il semble devoir être plus particulièrement destiné. Sa remarquable ténacité permet de l'employer dans toutes les circonstances où des surcharges accidentelles peuvent se produire, et sa cohésion le désigne pour être employé dans tous les cas où le verre peut avoir à subir les effets d'une action extérieure violente, telle qu'un choc, soit enfin en cas d'incendie, où ses propriétés d'indéformabilité et d'incombustibilité le rendent tout particulièrement précieux et supérieur même à tous les produits employés jusqu'ici dans ces circonstances.

M. Léon Appert rappelle, en terminant, quelques événements qui se sont produits aux Etats-Unis, et à la suite desquels on a pu constater l'efficacité de l'emploi du verre armé, rendant ainsi les plus grands et les plus signalés services. Ces événements, qui se sont passés au cours de cette année même, ont eu un retentissement considérable, et bien fait pour justifier les exigences des Compagnies d'assurance amécaines aussi bien que celles des municipalités, en vue d'éviter la propagation des incendies.

Après avoir montré l'intérêt que les Ingénieurs ont à se préoccuper de l'emploi de ce produit, nouveau matériau mis à leur disposition, M. Léon Appert rappelle que les conditions de fabrication dans lesquelles ce verre est obtenu actuellement offrent toute garantie et toute sécurité comme solidité et comme résistance.

Étant produit à un prix suffisamment réduit, il peut être substitué, même avec avantages, dans un grand nombre de circonstances, aux verres de vitrage ordinairement employés; M. L. Appert émet le vœu que les Ingénieurs qui ont bien voulu l'écouter, s'inspirant de la connaissance qu'il a essayé de leur donner de ce verre, en fassent un emploi aussi large et aussi général que possible.

Le public aussi bien que les particuliers ne pourront que bénéficier de l'usage qui en sera fait par la sécurité que ce verre leur procurera dans les circonstances les plus variées.

M. le Président remercie beaucoup M. L. Appert de sa communication très documentée et des intéressants détails qu'il a donnés sur la résistance du verre armé et les applications nouvelles de ce produit. M. le Président en signale une qui lui est personnelle au sujet des niveaux d'eau de chaudière.

M. L. Appert signale encore une autre application qu'il est bon d'envisager, celle du verre armé pour les devantures, au point de vue de l'effraction par les voleurs. Il est impossible de casser ce verre, au moins

sans qu'on l'entende : dans les maisons de banque, aux États-Unis, cette application rend les plus signalés services.

M. P. Bodin demande s'il existe un rapport connu entre la résistance du verre et la dimension de la maille ou du fil employé.

M. L. Appert répond qu'on n'a pas fait d'essai dans ce sens, mais que la résistance est indépendante de ces dimensions. Il semble toutefois que le verre à maille carrée, où les fils sont croisés, est plus résistant à la flexion. La Compagnie de Saint-Gobain, à la suite de ses essais, a trouvé préférable l'emploi de ce verre : aux États-Unis, on n'attache aucune importance à cette question.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. M. Brochet, H.-A. Desrumeaux, J.-A. Fonseca Rodriguez, A. Jacoutet, J.-B. Lambert, L. Letombe, A. Pottier, G.-F. Poydenot, C. Thurillet, comme Membres Sociétaires.

MM. A. Agathoclès, A.-E. Cantas, G. Doumas, D. Halpin, A. Inglessis, M. Joannidès, A. Koussidis, Ch. Lépine, A. Mange, T. Murphy, L.-E. Vanlaethem sont admis comme Membres Sociétaires, et

M. A. Nessi est admis comme Membre Associé.

La séance est levée à 10 heures et demie.

Le Secrétaire,
J.-M. Bel.

Erratum.

M. A. Gouvy nous prie de bien vouloir rectifier, ainsi qu'il suit, quelques passages de son travail sur l'Exposition de Dusseldorf, inséré dans le *Bulletin* de juillet et récemment paru.

A la page 50 dudit *Bulletin*, à partir du second paragraphe, il faut lire :

« La soufflerie de 500 *ch* de Duisburg-Hochfeld, provient de la Société de Constructions de Siegen (anciennement Œchelhœuser), et le moteur à gaz qui actionne cette soufflerie est un moteur provenant des ateliers Koerting Frères.

» La machine de 500 *ch* de Donnersmarkhütte (Silésie) provient également des ateliers Koerting.

» Des deux moteurs à gaz Koerting exposés à Dusseldorf, celui actionnant la soufflerie provient de la Société de Constructions de Siegen et celui actionnant le laminoir a été construit par les ateliers Klein Frères.

» Les cinq machines destinées aux Lakawanna Works à Buffalo sont actuellement en construction aux ateliers de la Delavergne Refrigeration Company, à New-York.

» La soufflerie de 600 *ch* des usines Stumm (Neunkirchen) est en construction dans les ateliers de la Société de Constructions de Siegen, ainsi qu'une autre de même type commandée ultérieurement ».

LE VERRE ARMÉ [1]

PAR

M. Léon APPERT

Certaines propriétés précieuses donnent au verre les remarquables qualités que nous lui connaissons et qui le rendent indispensable même pour l'accomplissement des principaux actes de notre existence ; l'absence de certaines autres propriétés que possèdent plus ou moins les corps qui peuvent le suppléer, en rend, par contre, l'emploi impossible dans un grand nombre de circonstances et oblige à en restreindre les applications ; quel qu'en soit, du reste, l'emploi qui en est fait, elle nécessite de prendre certaines précautions contre les risques qu'il est susceptible d'entrainer.

Les principales de ces propriétés, négatives, pourrait-on dire, sont, en premier lieu, son manque d'élasticité et, en second lieu, sa mauvaise conductibilité pour la chaleur ; elles ont pour conséquence de procurer au verre une fragilité extrême, légendaire même, et qu'à toutes les époques les auteurs ont su rappeler dans leurs écrits par des comparaisons imagées.

Le résultat de cette fragilité est que, sous l'action d'un choc ou sous une pression trop énergique, une pièce de verre se fêle et se brise ; il en eût été de même si cette pièce avait été soumise à un changement brusque de température ; dans l'un et l'autre cas, par suite du manque de cohésion qui est un autre caractère de la matière vitreuse, les fragments qui en résultent se dispersent avec plus ou moins de violence, non sans risque pour leur entourage.

De tout temps on a cherché à remédier à cette insuffisance dans les propriétés du verre, et on a cru un moment pouvoir arriver à les corriger par l'emploi de procédés basés sur l'utilisation d'une autre de ses propriétés ; il y a une trentaine d'années, en effet, un inventeur français, M. de la Bastie, mettant à profit les études faites avant lui des phénomènes qui accompagnent l'opé-

(1) Voir planche n° 41.

ration de la trempe du verre et s'inspirant en même temps de la connaissance qu'il avait acquise, paraît-il par hasard, d'une recette à l'aide de laquelle un curé de campagne donnait aux verres de montre dont il faisait usage une plus grande solidité, imaginait un procédé nouveau de fabrication du verre basé sur l'utilisation de ces phénomènes, dont il modifiait les manifestations et les résultats par des dispositions appropriées.

Ce procédé, par l'élasticité qu'il donnait au verre, rendait les pièces ainsi fabriquées beaucoup moins fragiles et même, suivant l'inventeur, *incassables*, qualification par laquelle il ne craignait pas, du reste, de les distinguer des pièces obtenues par les procédés ordinaires : ce verre avait reçu le nom de *verre trempé*.

Tout un ensemble de dispositifs fort ingénieusement combinés, s'appliquant à chacune des spécialités verrières, venait compléter ce procédé aussi séduisant par ses promesses qu'intéressant par la portée dont il paraissait devoir être susceptible.

Malheureusement, la pratique industrielle qu'en faisait l'inventeur lui-même ne permettait pas de réaliser les espérances qu'il avait, non sans raison, fait concevoir et, jusqu'ici, il n'a pu être utilisé avec quelque succès que pour la fabrication de gobelets minces et de pièces d'éclairage de petite dimension, de formes simples et de faible épaisseur.

L'étude de ce procédé, qui n'avait donné pour la fabrication des verres à vitre comme pour les autres que des résultats très incomplets, était reprise plus tard en France, en particulier, par notre regretté collègue M. Desmaisons et, en Allemagne, par M. Frédéric Siemens; mais, malgré des essais prolongés et coûteux, conduits avec beaucoup de méthode, faits par chacun d'eux, pour produire un verre présentant des qualités analogues à celles du verre bien trempé et auquel avait été donné le nom de *verre durci*, on renonçait définitivement à cette fabrication si pleine de promesses, et, pensait-on, d'avenir.

La Société des Ingénieurs Civils avait été tenue au courant des tentatives de M. de la Bastie par notre collègue Clémandot, dont chacun a conservé le souvenir, qui, dans une des séances du mois de juin 1875, en avait fait l'objet d'une communication complétée par notre collègue M. Armengaud jeune, en nous donnant quelques détails sur la construction des appareils imaginés à cette occasion par l'inventeur.

Une autre propriété fort connue du verre et qui consiste dans la faculté qu'il possède de pouvoir se souder à certains métaux peu

fusibles tels que l'or, le platine, le nickel, le cuivre, le fer, propriété qui est utilisée journellement pour sa mise en œuvre même (1), peut donner les moyens de lui procurer une partie de ces qualités qui lui font naturellement défaut.

La soudure du verre et d'un des métaux précités, qu'il est permis, par des précautions particulières, d'obtenir aussi complète que possible et à laquelle on peut, en même temps, donner le caractère de permanence nécessaire, permanence qu'elle n'a généralement pas quand on l'utilise pour le façonnage des pièces de verrerie, donne lieu, dans ces conditions, à un produit nouveau possédant des propriétés très distinctes de celles des verres ordinaires, et répondant dans les meilleures conditions à ces besoins de sécurité qui se sont, de tout temps, fait sentir.

Aussi bien par des raisons économiques que par les qualités propres qu'il possède, telles que sa ténacité et son peu de fusibilité, le fer a été choisi pour cet emploi de préférence à tout autre métal.

Il est employé sous forme de réseau indéformable, constitué de fils fins ne modifiant que très peu l'apparence et la transparence du verre, dans lequel il est enrobé et dont il est appelé à augmenter la résistance.

Les procédés employés pour produire les verres plans désignés sous le nom de verres de vitrage, qu'on opère par coulage, ou par coulage et laminage, se prêtaient mieux que tout autre à la mise à exécution de cette opération du soudage, et c'est, en effet, pour la fabrication de ce produit que les premiers essais avaient été tentés et ont été continués dans la suite (2).

C'est sous cette forme, en même temps, que l'emploi du verre

(1) C'est, en effet, avec des outils en fer, dont on a eu soin de chauffer l'une des extrémités à une température voisine de celle de son ramollissement, que le verre à l'état malléable, en s'y soudant momentanément, peut être extrait des creusets ou *cueilli* puis ensuite façonné.

(2) Pour procéder à l'opération du laminage, l'ouvrier pocheur puise le verre avec une poche ou cuillère en cuivre ou en fer, portée sur un chariot à deux roues; le verre, une fois cueilli, est porté rapidement près d'une table en fonte épaisse, à l'extrémité de laquelle est un rouleau ou cylindre en fonte, reposant sur des règles en fer qui doivent donner l'épaisseur à la feuille de verre une fois laminée.

Le verre est versé devant le rouleau, qui est aussitôt mis en mouvement avec une vitesse plus ou moins grande suivant l'épaisseur de la feuille de verre que l'on veut fabriquer, et la qualité du verre employé.

Toute la masse de verre étant laminée, la feuille, une fois devenue solide, est tirée sur une autre table formée de matière mauvaise conductrice, d'où elle est introduite ensuite dans le four de recuisson.

Dans certaines verreries, le laminage se produit dans des conditions inverses, la table étant mobile et le rouleau fixe; ce dernier est alors maintenu dans deux cages par des ressorts lui permettant d'exercer la pression voulue sur le verre fondu.

semble présenter le plus de dangers en cas de rupture par suite du nombre, de la gravité et de l'importance des accidents qui peuvent en être la conséquence.

On a donné au verre plan destiné au vitrage soit des toitures, soit des fenêtres, dans lequel a été introduit au moment de sa fabrication un réseau métallique, le nom de *verre armé;* on le désigne aussi quelquefois sous le nom de *verre treillagé*, de *verre grillagé*, *verre métallifié*, *verre à ossature métallique*, etc.

Les propriétés que procure au verre cette incorporation sont : la *cohésion* et la *ténacité :* de la première de ces propriétés ainsi acquises, il résulte que, si on vient à casser ou à couper une feuille de verre armé, les morceaux qui en résultent, contrairement à ce qui se passe avec une feuille de verre ordinaire, restent jointifs et adhérents les uns aux autres et ce n'est qu'en coupant ou cisaillant isolément chacun des fils du réseau mis à nu à l'aide d'un outil approprié, ou en les fatiguant par une série de mouvements d'exhaussement et d'abaissement alternatifs, qu'on parvient à les séparer; cette opération exige-t-elle encore le plus souvent le concours d'une personne exercée.

Il en est de même si par une action extérieure, telle qu'un choc, ou une sous pression trop énergique, la feuille de verre vient à se casser, les morceaux qui se sont formés, quelque nombreux qu'ils soient, restent adhérents les uns aux autres, garantissant ainsi ce qui les entoure contre leur projection ou leur chute.

De la seconde de ces propriétés, la *ténacité*, d'une façon très analogue à ce qui se passe avec le ciment armé avec lequel ce produit a beaucoup d'analogie, résulte une résistance à la flexion relativement élevée et que ne possède qu'à un très faible degré, au contraire, le verre ordinaire, qui, de plus, a le grave défaut de casser et d'être anéanti sans que rien n'en ait fait soupçonner la ruine prochaine; il n'en est pas de même du verre armé : une feuille de verre armé supportée à ses deux extrémités et chargée en son milieu commence par se fêler et se fendre en un nombre plus ou moins grand de morceaux, toujours jointifs et adhérents; mais vient-on à continuer l'expérience en augmentant progressivement la charge, elle prend une flèche de plus en plus accentuée, et ce n'est que sous une surcharge trois et quatre fois supérieure à celle sous laquelle une feuille de verre ordinaire eût disparu qu'elle se rompt définitivement, à son tour.

Cette propriété est précieuse et fort appréciable; elle donne, en effet, une sécurité beaucoup plus grande en cas de surcharge

accidentelle, comme cela se produit souvent dans un sinistre pour les verres de toiture et de planchers.

La résistance du verre armé quand il vient à être chauffé est non moins remarquable : on sait que sous un écart de température de 70° au minimum, produit brusquement, le verre peut se fêler; il en est de même avec le verre armé, mais, comme en cas de choc, les morceaux qui se sont formés restent en contact, sans qu'il se produise entre eux de solution de continuité et sans qu'aucune parcelle ne se détache ou ne se sépare de l'ensemble de la feuille.

Cette cohésion subsiste même si on vient à projeter de l'eau sur l'une de ses faces : quelle que soit la violence avec laquelle cette eau est lancée et quelle que soit la température du verre, approchât-elle même de celle où se produirait son ramollissement, la feuille de verre reste en place, sans lacune et sans déformation.

Une feuille de verre ordinaire, dans les mêmes circonstances, se fût le plus souvent effondrée, laissant béante et grande ouverte la baie qu'elle était chargée d'obturer.

On peut se rendre compte, d'une façon simple et en même temps très démonstrative, comment se comporte le verre armé si on le compare au verre ordinaire : on place, dans un châssis en fer convenablement disposé et côte à côte, deux feuilles de verre de même épaisseur, l'une en verre armé, l'autre en verre ordinaire; sous ce châssis qu'on a eu soin d'incliner légèrement, on fait un feu de bois dont on augmente rapidement l'intensité, de façon que les flammes lèchent les feuilles de verre; au bout de quelques minutes, elles se cassent toutes deux et se fendent en plusieurs morceaux; le plus souvent la feuille de verre ordinaire s'effondre d'elle-même et disparaît; mais si, par hasard, elle a résisté et que, continuant l'expérience, on projette violemment de l'eau sur l'une de leurs faces avec une lance mise en communication avec une pompe, par exemple, la feuille de verre au bout de quelques secondes disparaît réduite en menus morceaux, la feuille de verre armé, au contraire, reste en place, l'expérience durât-elle plusieurs heures.

Les avantages que présente l'emploi du verre armé en cas d'incendie sont donc d'une grande importance, par ce fait seul qu'il peut remplacer, en présentant une sécurité beaucoup plus grande, tous les autres matériaux, tels que la tôle de fer et même les tôles superposées avec interposition de bois cependant moins

déformables que la tôle, employées ordinairement, et recommandées pour former les portes et les volets protecteurs destinés à empêcher la propagation de l'incendie dans les constructions.

La ténacité du verre armé offre une garantie d'une autre nature qu'on peut utiliser également contre le vol et les tentatives d'effraction des parties vitrées des habitations et des magasins; ce verre, en effet, ne pouvant se couper par les moyens ordinaires, nécessite, pour être détruit, des efforts dont il est impossible de ne pas avoir un écho par le bruit même que fait forcément l'opérateur, et par le temps qu'il doit mettre pour son exécution; aussi, dit-on aux États-Unis, que le verre armé est non seulement *fire proof* et *stone proof*, mais qu'il est encore *burglar proof* (contre le feu, contre les pierres et contre les voleurs).

Par suite de la présence du réseau, le verre armé se laisse traverser un peu moins facilement par la lumière, mais, en employant des procédés de fabrication appropriés qui permettent d'introduire des réseaux à mailles larges et à fils très ténus et très fins, on peut obtenir le verre armé encore assez transparent, et ne modifiant qu'insensiblement le passage de la lumière, tout en lui conservant une cohésion suffisante.

Conditions de fabrication.

Le verre armé ne possède les utiles et remarquables propriétés qui viennent d'être signalées, et il ne peut rendre les services qu'on est en droit d'en attendre, que moyennant qu'il remplisse, comme fabrication, certaines conditions dont les principales sont :

1° Que la soudure du réseau et du verre soit complète dans toutes ses parties;

2° Que cette soudure soit *permanente*, c'est-à-dire que, quelles que soient les variations de température auxquelles pourra être soumise une feuille de ce verre, dans des limites déterminées, aucune fente ni éclatement ne se produise entre le métal et le verre;

3° Que le réseau soit placé d'une façon régulière et à égale distance, autant que possible, des deux faces de la feuille de verre, une fois fabriquée.

Pour que la première condition soit remplie, il faut et il suffit

que l'opération consistant à introduire le réseau se fasse à la température la plus élevée possible, sans, toutefois, être assez élevée pour qu'elle amène la détérioration du réseau, ou même sa disparition.

La température du verre la plus convenable doit être comprise entre 1 100° et 1 200° ; dans ces limites, le métal est très légèrement attaqué, ce qui est la condition la plus favorable pour qu'aucune solution de continuité dans la soudure ne se produise ultérieurement ou à aucun moment de sa fabrication.

La haute température à laquelle l'opération se fait a un autre avantage qui est celui de prévenir la décomposition du verre et, par suite, les causes ultérieures de détérioration qui pourraient en résulter : Dans une communication faite à la Société des Ingénieurs Civils de France, dans une des séances du mois de mars 1890, sur les *défauts du verre*, l'auteur a montré que les causes les plus fréquentes et les plus graves par leurs conséquences des défauts qui pourraient s'y rencontrer étaient celles susceptibles de produire sa cristallisation et qu'elles étaient toujours dues ou à un refroidissement lent ou à des alternatives de refroidissement et de réchauffage.

Cette cristallisation qui en altère, en même temps que les propriétés chimiques, les propriétés physiques, retire au verre en particulier, sa cohésion, et du même coup, toute solidité.

Les verres de glacerie, toujours très calcaires, employés dans cette fabrication, sont plus aptes que tout autre à subir ce genre d'altération.

L'emploi des verres *alumineux* semblerait donc particulièrement indiqué, l'alumine ayant, comme on sait, la propriété de retarder, et même d'empêcher cette cristallisation, en même temps qu'elle a pour effet d'augmenter la dilatation du verre, en en élevant le coefficient de dilatation qui tend ainsi à se rapprocher de celui de l'acier ; les résultats obtenus en Allemagne et aux États-Unis, dans certaines verreries, par l'emploi de verres alumineux, plus fusibles, en même temps, que les verres de glacerie, confirment ces présomptions.

Pour que la seconde condition soit remplie, c'est-à-dire la permanence de la soudure, l'égalité entre les coefficients de dilatation des deux éléments, verre et acier, pourrait y satisfaire de la façon la plus complète ; rien ne paraît s'y opposer. Il est, en effet, possible et relativement facile, dans les conditions actuelles des industries verrière et métallurgique, de fabriquer des verres

possédant le même coefficient de dilatation que le fer ou l'acier, et il est également possible de produire un acier de même dilatation qu'un verre de composition déterminée.

MM. Guillaume et Dumas, dans des travaux sur les aciers au nickel, qui ont été présentés récemment par eux à l'Académie des Sciences, ont appelé l'attention sur cette intéressante question (1).

Malheureusement, quelle que soit la solution que l'on adopte, que l'on fabrique un verre d'une composition telle que la dilatation en soit la même que celle de l'acier ordinairement employé, et qui est de 11 microns, ou que l'on prépare un acier ayant la même dilatation que celle du verre ordinairement fabriqué pour cet usage et qui, dans l'espèce, est le verre de glacerie ayant un coefficient de dilatation de 8,5 microns environ, l'augmentation de prix qui en résulte, par suite de l'introduction d'éléments coûteux, comme pourraient l'être l'acide borique et l'oxyde de zinc d'une part, pour les compositions de verre, et le nickel en fortes proportions, pour l'acier, d'autre part, ont empêché, jusqu'ici, les fabricants de se lancer dans cette voie.

Cependant, la Compagnie de Saint-Gobain, appréciant l'intérêt que présentait cette question, a entrepris, de concert avec la Société de Commentry, Fourchambault et Decazeville, des essais avec de l'acier fabriqué par cette dernière Société, dont la teneur était de 44 0/0 de nickel, le coefficient de dilatation de cet acier étant le même que celui du verre de Saint-Gobain, entre les températures extrêmes de 15° et 250°.

Ces essais ont donné des résultats satisfaisants, surtout par les facilités que l'emploi de ce métal procurait au cours de la fabrication ; mais, en dehors de son prix élevé qui venait augmenter, notablement, le prix de revient du verre armé, cet alliage a le défaut d'émettre, au moment de son incorporation dans le verre, des quantités considérables de gaz qui proviennent de l'absorption qui en est faite, au cours même de sa fabrication et de son réchauffage, pour en opérer le tréfilage, cette quantité de gaz pouvant atteindre jusqu'à trois fois le volume de l'acier; il fallait alors, pour pouvoir employer cet acier et éviter la production des bulles de gaz ou bouillons susceptibles, par leur nombre et leur agglomération autour des fils du réseau, de rendre le verre fabriqué invendable, procéder à un réchauffage

(1) Les travaux faits en France et en Allemagne sur des verres fabriqués spécialement en vue de l'étude de leurs dilatations ont montré que l'échelle en était très étendue, le coefficient du verre le moins dilatable étant de 3,7 microns et celui du verre le plus dilatable étant de 11,2 microns par degré de température.

préalable de longue durée dans des moufles portées à la température de 1000°; cette opération accessoire ne pouvait qu'amener une augmentation importante et nouvelle du prix de revient du verre regardé déjà comme un peu élevé.

On se contente donc d'employer de l'acier doux, à faible teneur en carbone, susceptible, par suite, de prendre une légère trempe ; cet acier doit être tréfilé dans des conditions de fabrication particulières, de façon à lui donner une homogénéité parfaite et une très grande compacité.

Aux États-Unis, où la fabrication du verre armé a acquis une grande perfection, le fil d'acier est tréfilé à froid, par passes nombreuses, les dernières s'effectuant dans des filières de diamant; aussi ce fil est-il toujours extrêmement poli et brillant, et doué, en même temps, d'une certaine élasticité.

Il existe, du reste, en ce qui concerne le métal le plus propre à répondre aux besoins de cette fabrication, certaines singularités : quoique l'analyse chimique ne décèle le plus souvent que des différences insignifiantes dans leur composition, les aciers préparés par certains fabricants sont supérieurs pour cet usage à ceux fabriqués par d'autres fabricants.

Il en est de même, du reste, en France et en Allemagne, où cette fabrication est, pour ainsi dire, monopolisée entre les mains de quelques spécialistes peu nombreux.

En résumé, le fil d'acier le plus convenable doit avoir, comme trempe et comme aspect, une grande analogie avec le fil employé pour les cordes à piano et par suite doit toujours être très poli. Bien préparé, il garde ce poli même après son incorporation dans le verre et après son refroidissement.

Le réseau étant préparé, on doit prendre de minutieuses précautions pour qu'il ne subisse aucune souillure ou aucune altération avant son emploi; à cet effet, on doit le mettre à l'abri de l'humidité et de la poussière et éviter de le mettre en contact avec un corps gras; on doit, même, éviter de le manier avec les mains; tout manquement à l'observation de ces précautions entraîne dans le verre fabriqué, autour du fil du réseau, des bouillons plus ou moins volumineux et des crachats, sorte d'agglomération de bulles de gaz très fines produites par la poussière, qui occasionnent une dépréciation du verre aux yeux des consommateurs.

Aussi a-t-on soin, aux États-Unis, de rouler les réseaux fabriqués mécaniquement et sortant des métiers, dans des feuilles de

papier de soie; on les emmagasine ensuite dans des caisses ou boites hermétiquement closes dont l'atmosphère est maintenue, privée d'humidité, et d'où on ne les sort qu'au moment où ils vont être introduits dans le verre.

On a cherché à éviter les défectuosités du verre armé toujours plus nuisibles à son aspect qu'à sa solidité, et produites ou par le contact direct du verre avec le métal ou par la préparation défectueuse des réseaux.

C'est aux États-Unis que des essais entrepris dans ce but ont été tentés principalement : M. W. Shepard a proposé de tremper les réseaux dans un lait de chaux léger, destiné, dans sa pensée, à en opérer le nettoyage ou le décapage dans le cas où il aurait été en contact avec un corps gras, en même temps que pour empêcher l'attaque du métal par son contact direct avec le verre à haute température, au moment de son laminage.

Ce procédé n'a donné aucun résultat satisfaisant, comme il était aisé de le prévoir.

MM. Croskey et Locke, de Pittsburg, ont fait breveter un procédé consistant à entourer le fil du réseau d'une enveloppe d'amiante ou *asbeste*, cette enveloppe ayant également pour effet d'empêcher le contact direct du métal et du verre; ces inventeurs se proposaient de donner en même temps au réseau une certaine élasticité, rendant ainsi moins sensibles les effets de dilatation et de contraction qui peuvent se produire dans cette fabrication. On avait soin, au moment où on allait introduire le réseau ainsi préparé, de le chauffer au rouge dans un four spécial, de façon que les gaz contenus dans l'enveloppe d'amiante puissent au préalable se dégager.

Ce procédé, mis en pratique primitivement par la Besto Wire Glass C°, à Latorbe (Pennsylvanie), a été exploité plus tard par la Mississippi Glass C°, de Saint-Louis; cette dernière Compagnie en a rapidement abandonné l'exploitation, par suite des inconvénients qu'entraînait l'emploi de l'amiante : au bout de peu de temps, en effet, l'humidité s'introduisant par capillarité dans cette enveloppe lui donnait une teinte grise et noire très défectueuse; elle risquait, en même temps, de provoquer l'attaque du métal et d'entraîner sa destruction rapide.

M. Walsh junior, Directeur de cette dernière Compagnie, a proposé un autre moyen de protection qui consiste à immerger le réseau, préalablement à son emploi, dans une masse de verre fondu de grande fusibilité; ce procédé, un peu compliqué et

coûteux, n'a pas donné le résultat qu'en espérait l'inventeur.

On emploie couramment, aux États-Unis, un moyen de protection qui donne, paraît-il, de bons résultats : il consiste, le réseau étant fabriqué, à l'*étamer* très légèrement en le plongeant pendant quelques secondes dans un bain d'étain fin, la couche très mince qui le recouvre protège le métal dans de très bonnes conditions. On obtient de très bons résultats également en *cuivrant* le fil d'acier; cette opération se fait très simplement et très économiquement en faisant passer le fil encore chaud ou tiède dans une filière en cuivre rouge.

La forme des réseaux employés est variable suivant les pays et même suivant les fabricants.

La dimension des mailles ainsi que la grosseur du fil métallique employé sont également assez différentes.

M. F. Siemens, qui, le premier, a entrepris la fabrication du verre armé en Europe, a toujours employé des réseaux formés d'une toile métallique grossière à fil de gros diamètre; celui qu'il emploie le plus couramment pour les verres de vitrage a pour dimension de maille 10 *mm* de côté avec un fil de 9/10e de millimètre de diamètre.

Le verre fabriqué par M. Siemens pour cet usage est un verre assez fusible, de teinte verdâtre sale prononcée; le verre armé fabriqué dans ces conditions est d'une grande solidité.

La Compagnie des Manufactures de glaces de Saint-Gobain emploie, suivant les besoins, des réseaux de différentes espèces : en premier lieu, un réseau en forme de toile métallique de 10 *mm* de maille également, mais avec un fil de 6/10e de millimètre seulement; cette dimension étant regardée comme suffisante; secondement, un réseau à fil noué, de 20 *mm* de maille avec fil d'acier, de 6/10e de millimètre également.

Pour la glace armée polie, elle se propose d'employer un réseau de 30 *mm* de maille fabriqué avec le même fil; le verre demandant, pour cet usage, d'être exempt, autant que possible, de défauts, puisque sa transparence est complète, on pense en diminuant le développement du fil, obtenir des produits plus facilement exempts de défauts tout en étant encore suffisants comme résistance.

La glacerie Schalke, en Westphalie, emploie un réseau à fil noué de 20 *mm* avec fil de 6/10e de millimètre.

En Angleterre et aux États-Unis, on emploie uniquement des réseaux à fil noué; ces réseaux se font de deux dimensions; un

avec maille de trois quarts de pouce (19 *mm*) avec fil d'acier n° 22, et un autre plus large d'un pouce (25,4 *mm*) avec fil d'acier n° 18.

La glacerie de Charleroi-Roux (Belgique) emploie un réseau noué de 20 *mm* avec fil de 6/10e de millimètre.

Au moment de la fabrication, on tend le réseau en tous sens de façon à le rendre bien plan sans le déformer; il est ensuite enroulé sur le rouleau bobineur ou étendu sur un plan incliné duquel on le laisse glisser pour l'introduire dans le verre.

Le verre armé peut subir toutes les opérations subséquentes à sa fabrication proprement dite, dans les conditions où elles se feraient pour le verre ordinaire; on peut, en effet, le bomber et le cintrer avec autant de facilité qu'un verre ordinaire.

Il se polit comme la glace, sans exiger de précautions exceptionnelles pour cette opération.

Pour cette dernière fabrication qui paraît devoir prendre un important développement, on doit faire une sélection sévère des feuilles à mettre en fabrication et prendre encore plus de précautions, si possible, quant au choix de l'acier et à la propreté du réseau, les moindres défauts devenant apparents, une fois l'opération du polissage terminée.

Procédés de fabrication.

La recherche d'une solution de cet intéressant problème consistant à donner au verre, par un procédé économique, une plus grande solidité, tout en diminuant les dangers que présente son emploi, devait susciter le zèle imaginatif de bon nombre d'inventeurs.

C'est ce qui s'est, en effet, produit; mais, pour la plupart d'entre eux, le manque des connaissances techniques nécessaires n'a pas permis que leurs conceptions, plus ou moins heureuses, puissent être réalisées en pratique.

En dehors des conditions auxquelles doit répondre le procédé de fabrication à adopter, quel qu'il soit, on doit tenir compte, dans le choix qui en est fait, des difficultés inhérentes à l'emploi du verre et à ses propriétés mêmes de malléabilité qui ne subsistent que tant qu'il est à haute température; aussi, l'opération du laminage doit-elle s'effectuer en un temps très court (pour une feuille de verre d'une longueur de 3 *m*, la durée n'en doit pas excéder 60 secondes); d'autre part, il faut, pour éviter toute malfaçon, que le réseau se place de lui-même, d'une façon cer-

taine, dans l'épaisseur du verre, exactement à la distance des surfaces que l'on s'est fixée d'avance. Les malfaçons résultant de l'inobservation de cette condition entraîneraient, en dehors des dangers inhérents à toute mauvaise fabrication, une augmentation du prix de revient par la diminution de la production qui en serait une des conséquences.

La statistique des brevets pris en vue de la fabrication du verre armé dans les divers pays où l'on s'est occupé de cette question présentait, à ce point de vue, un certain intérêt en renseignant sur la nature des procédés proposés et sur leur nombre, en même temps que sur l'ordre dans lequel ils avaient été successivement inventés et présentés.

Les quatre tableaux qui suivent reproduisent la série des brevets pris successivement en France, en Allemagne, en Angleterre et aux États-Unis en vue de cette fabrication.

VERRE ARMÉ
VERRE TREILLAGÉ
VERRE MÉTALLIFIÉ

Brevets pris en France.

NUMÉROS	NOMS DES INVENTEURS	NATIONALITÉ	DATE DE L'ACCORD DU BREVET
24 259	Hyatt.	Amérique.	9 octobre 1855.
105 724	Hartley	Angleterre.	19 novembre 1874.
176 942	Bécoulet et Bellet	France.	22 juin 1886.
224 442	Frank Shuman	Amérique.	20 septembre 1892.
233 628	Léon Appert	France.	19 octobre 1893.
246 775	James Gregg et Charles Stouffer. .	Amérique.	20 avril 1895.
247 033	Tondeur	Amérique.	30 avril 1895.
250 177	Frank Shuman	Amérique.	10 septembre 1895.
251 135	John Croskey et Joseph Locke. . .	Amérique.	22 octobre 1895.
278 872	Frank Shuman	Amérique.	14 juin 1898.

VERRE ARMÉ (Draht-glas)

Brevets pris dans l'Empire allemand.

NUMÉROS	NOMS DES INVENTEURS	NATIONALITÉ	DATE DE L'ACCORD DU BREVET
43 113	André Nizard	France.	26 mars 1888.
46 278	Armin Tenner.	Allemagne.	18 mars 1889.
60 560	Paul Siévert.	Allemagne.	5 février 1892.
79 256	Frank Overn, Horace Pettit et John Overn	Amérique.	23 janvier 1895.
81 426	Léon Appert	France.	4 juin 1895.
82 609	Henry Guinard	Amérique.	15 août 1895.
83 081	Frank Shuman	Amérique.	13 septembre 1895.
86 074	C. H. Tondeur.	Amérique.	9 avril 1896.
89 699	John Croskey et Joseph Locke. . .	Amérique.	4 novembre 1896.
89 438	Frank Shuman	Amérique.	3 décembre 1896.
98 033	Aktien-Gesellschaft für Glasindustrie	Allemagne.	3 juin 1898.
98 846	A. Klein	Allemagne.	25 juillet 1898.
102 961	Actien-Gesellschaft für Glasindustrie	Allemagne.	8 mai 1899.
105 516	Frank Shuman	Amérique.	26 septembre 1899.
110 235	Max Baumgärtel.	Allemagne.	19 mars 1900.
110 236	Max Baumgärtel.	Allemagne.	30 avril 1900.
113 171	Max Baumgärtel.	Allemagne.	12 septembre 1900.
122 131	Schönborner Glasfabrik Johannahütte, Ernst Jähde et Adolph Hübner in Schönborn B. Dobribugk.	Allemagne.	16 août 1901.
124 708	Theophil Pfister	Angleterre.	10 octobre 1901.
128 705	Société anonyme de Commentry, Fourchambault et Decazeville . .	France.	17 février 1902.

VERRE ARMÉ (Wire glass)

Brevets pris dans le Royaume-Uni (Angleterre).

NUMÉROS	NOMS DES INVENTEURS	NATIONALITÉ	DATE DE L'ACCORD DU BREVET
11 398	Fritz Heckert	Allemagne.	18 août 1884.
14 462	Jean-Marie Beurel	France.	25 novembre 1885.
14 846	John Armstrong	Angleterre.	8 décembre 1885.
5 701	John Armstrong	Angleterre.	19 avril 1887.
11 039	Paul Sievert	Allemagne.	29 juin 1891.
5 527	Aktien-Gesellschaft für Glasindustrie	Allemagne.	21 mars 1892.
16 792	Frank Shuman	Amérique.	20 septembre 1892.
2 792	Joseph Sobolewski et Victor Dzierzbieki	Russie.	8 février 1894.
5 282	Frank Overn, Horace Pettit et John Overn	Amérique.	15 mars 1894.
5 283	John Edwin Parker	Amérique.	13 mars 1894.
7 466	Léon Appert	France.	14 avril 1894.
9 554	William Windle Pilkington	Angleterre.	16 mai 1894.
2 555	Edward Walsh junior	Amérique.	5 février 1895.
4 661	Edward Walsh junior	Amérique.	5 mars 1895.
6 401	James Gregg et Charles Stouffer. .	Amérique.	25 mars 1895.
16 959	Frank Shuman	Amérique.	10 septembre 1895
19 804	John Croskey et Joseph Locke. . .	Amérique.	22 octobre 1895.
30 835	Paul Siévert	Allemagne.	30 décembre 1897.
13 260	Frank Shuman	Amérique.	23 juin 1898.
19 436	Charles Hartung	Amérique.	13 septembre 1898.
19 437	Edward Walsh junior	Angleterre.	13 septembre 1898.
522	Paul Sievert	Allemagne.	9 janvier 1899.
17 161	Mississippi glass C°	Amérique.	27 août 1901.

VERRE ARMÉ (Wire glass)

Brevets américains.

NUMÉROS	NOMS DES INVENTEURS	NATIONALITÉ	DATE DE L'ACCORD DU BREVET
220 908	Arbogast	Amérique.	28 octobre 1879.
222 768	Arbogast	Amérique.	23 décembre 1879.
483 020	Frank Shuman . . .	Amérique.	20 septembre 1892.
483 031	Frank Shuman . . .	Amérique.	20 septembre 1892.
510 716	Frank Shuman . .	Amérique.	12 décembre 1893.
510 822	Frank Shuman . . .	Amérique.	12 décembre 1893.
510 823	Frank Shuman . . .	Amérique.	12 décembre 1893.
516 220	Frank Overn	Amérique.	13 mars 1894.
516 221	Frank Overn	Amérique.	13 mars 1894.
516 223	John E. Parker . . .	Amérique.	13 mars 1894.
531 570	Francis M. Ryou. . .	Amérique.	25 décembre 1894.
524 936	Besto Wire glass Croskey et Locke. . .	Amérique.	21 août 1894.
527 754	John H. Lubbers. . .	Amérique.	16 octobre 1894.
531 874	Frank Shuman . . .	Amérique.	1er janvier 1895.
531 875	Frank Shuman . . .	Amérique.	1er janvier 1895.
533 512	Edmond Walot junior.	Amérique.	5 février 1895.
534 391	Gregg et Stouffer. . .	Amérique.	19 février 1895.
535 035	Ed. Walsh junior . .	Amérique.	5 mars 1895.
538 393	Cleon H. Tondeur . .	Amérique.	30 avril 1895.
546 196	Mississippi Wire glass Co Frank Shuman. . .	Amérique.	10 septembre 1895.
548 520	Croskey et Locke. . .	Amérique.	22 octobre 1895.
551 350	Frank J. Dudley. . .	Amérique.	10 décembre 1895.
560 759	William Ed. Smith. .	Amérique.	26 mai 1896.
561 920	Frank Shuman . . .	Amérique.	9 juin 1896.
574 458	Frank Shuman . . .	Amérique.	5 juin 1896.
605 754	Frank Shuman . . .	Amérique.	14 juin 1896.
608 096	Appert glass Co Léon Appert.	France.	26 juillet 1898.
610 586	Charles C. Hartung .	Amérique.	13 septembre 1898.
610 593	Ed. Walsh junior . .	Amérique.	13 septembre 1898.
646 132	Joseph W. Shepard. .	Amérique.	27 mars 1900.
649 647	Joseph W. Shepard. .	Amérique.	15 mai 1900.
653 859	Joseph W. Shepard. .	Amérique.	17 juillet 1900.
656 295	Joseph Locke	Amérique.	21 août 1900.
656 296	Joseph Locke	Amérique.	21 août 1900.
677 609	Brownsville glass Co Sweärer, Töynbée . .	Amérique.	2 juillet 1901.

Si on veut bien examiner ces tableaux dans leur ensemble, on remarquera que le nombre total de ces brevets est, jusqu'ici, de quatre-vingt-sept, et que, sur ce nombre, quatre seulement ont été pris depuis plus de vingt ans. C'est donc de date relativement très récente (depuis une dizaine d'années), que l'on s'est occupé de la fabrication de ce produit et qu'on paraît avoir sérieusement songé à tirer parti de ses propriétés; on voit de plus que dix d'entre eux ont été pris en France, vingt en Allemagne, vingt-deux en Angleterre, trente-cinq aux États-Unis. Si, d'autre part, on les compare entre eux, on voit que : *six* ont été pris par des Français, *sept* par des Allemands, *quatre* par des Anglais, *un* par un Russe Polonais, *vingt-trois* par des Américains.

L'auteur a cru devoir appeler l'attention des membres de la Société sur les principaux de ces brevets en montrant les avantages et les inconvénients que paraît devoir présenter la mise en pratique de chacun d'eux :

C'est, comme on le voit, un nommé Hyatt, sujet américain, qui, le premier, en 1855, aurait eu l'idée d'introduire des fils de fer ou d'acier sous forme de toile métallique entre deux couches de verre pour en faire des vitres; il est le premier qui, tout au moins, a fait fixer la date de son invention par un document authentique. Son procédé rudimentaire n'a pu donner aucune solution satisfaisante du problème.

Beaucoup plus tard, en 1879, M. Arbogast, également Américain, a pris deux brevets pour le même objet, sans qu'aucun d'eux ne présentât plus d'intérêt que le précédent.

En 1886, deux Français, MM. Bécoulet et Bellet, ce dernier ancien conducteur de trains à la Compagnie de chemins de fer des Charentes, qui, comme spectateur et comme acteur, avait assisté à plusieurs accidents graves de chemin de fer, réétudiaient la question à nouveau et prenaient à leur tour un brevet.

Ces inventeurs, après une série d'essais continués avec beaucoup de persévérance, à Clichy, puis à Jeumont, reconnaissant l'impossibilité, par leur procédé, très incertain, du reste, et très incomplet, de produire du verre armé remplissant les conditions d'une fabrication industrielle, renonçaient à son exploitation.

Quoique n'ayant pas réussi dans leurs conceptions, ces deux inventeurs ont eu cependant le mérite d'appeler l'attention du public sur le verre armé et sur les avantages que présenterait

son emploi s'il pouvait être fabriqué dans de bonnes conditions et économiquement.

A l'étranger, du reste, ils ont été souvent regardés, à tort, comme on le voit, comme les inventeurs de cet intéressant produit.

Les procédés proposés par les trois inventeurs : M. Hyatt, d'une part, et MM. Becoulet et Bellet d'autre part, étaient basés sur le principe de l'introduction d'un réseau métallique entre deux couches de verre coulées ou laminées successivement.

En 1892, M. Frank Shuman, Ingénieur américain de Philadelphie, faisait breveter à son tour un procédé fondé sur un tout autre principe et consistant dans l'introduction par enfoncement ou *insertion*, dans une couche de verre encore fluide et malléable préalablement laminée à l'épaisseur voulue, d'un réseau métallique convenablement préparé.

Le procédé Shuman, fort ingénieux et fort pratique, fut breveté dans tous les pays et mis immédiatement en exploitation aux États-Unis : une usine construite à Tacony, près Philadelphie, par une compagnie américaine constituée au capital de 200 000 dollars, était en mesure de fabriquer, au mois de septembre de la même année, pouvant satisfaire ainsi aux demandes qui lui seraient faites : en effet, quelques mois après, elle obtenait l'ordre de fournir le verre armé nécessaire pour la couverture de la nouvelle gare de Philadelphie, alors en construction, et appelée Broad Street Station.

Toute cette grande toiture de 100 *m* de largeur sur 300 *m* de longueur, fut entièrement vitrée en verre armé vendu au prix de 1,25 *f* le pied carré, environ 13,50 *f* le mètre carré.

Cette installation, aussi réussie qu'elle pouvait l'être avec un produit de fabrication aussi nouvelle, donna néanmoins toute satisfaction.

Au mois d'octobre 1893, M. Léon Appert, mis au courant, par les Ingénieurs français délégués aux États-Unis par la Société des Ingénieurs Civils de France pour la représenter à l'Exposition de Chicago, des importantes applications qui déjà y avaient été faites du verre armé, et, reprenant la première idée de MM. Bécoulet et Bellet, imaginait à son tour un procédé qui, par des dispositions simples, permettait d'immerger d'une façon certaine un réseau métallique dans une masse de verre par son interposition entre deux couches de verre laminées simultanément.

Ce procédé avait cette particularité de permettre d'introduire,

dans les conditions demandées, des réseaux aussi fins et à fil aussi ténu qu'on pouvait le désirer, ce que ne pouvaient faire facilement les procédés antérieurement proposés.

Il présentait cet autre avantage de n'exiger, pour être mis en pratique, que des modifications de peu d'importance et d'une réalisation facile, aux appareils employés ordinairement pour la fabrication des verres laminés et des verres de toiture.

Ce procédé, qui venait concurrencer les procédes déjà employés, ne fut pas sans susciter de violentes oppositions, en Allemagne et aux États-Unis principalement; ce ne fut que plusieurs années après que les demandes en eussent été faites que les brevets furent accordés dans ces deux pays.

Ces deux procédés, le procédé Shuman et le procédé Appert, peuvent être considérés comme le type des moyens les plus pratiques en effet imaginés, jusqu'ici, pour fabriquer le vere armé.

Aux États-Unis, ces deux procédés sont les seuls employés en ce moment; on les désigne, pour les distinguer, par des noms rappelant le principe même sur lequel ils sont basés; on a donné le nom de *solid* au procédé par insertion inventé par M. Shuman et le nom de *sandwich* au procédé par interposition inventé par M. Léon Appert.

Tous les autres procédés proposés après eux n'en sont que des modifications plus ou moins heureuses.

Il y a lieu cependant de faire quelques exceptions : en premier lieu, en ce qui concerne un procédé proposé par M. Cléon H. Tondeur, de Syracuse, U. S. A., et qui consiste à faire plonger le réseau dans un bassin complètement rempli de verre fondu et fluide; comme on le ferait pour une pièce d'étoffe qu'on voudrait passer en teinture on le fait entrer par une fente pratiquée dans une des parois du bassin, puis ressortir par une autre fente percée symétriquement dans la paroi opposée; à la sortie du bassin, ce réseau empâté de verre encore malléable est laminé entre deux cylindres de même diamètre tournant en sens opposé avec la même vitesse.

Ce procédé, très étudié et très ingénieusement combiné au point de vue mécanique, n'a pu donner aucun résultat comme fabrication industrielle.

Dans un ordre d'idées également différent, M. Max Baumgartel a proposé de soutenir le réseau sur la table de coulage par des supports amovibles qu'on fait disparaître, au moyen de mécanismes appropriés, au moment même où le cylindre lami-

neur passe sur la table ; ce procédé, qui ne manque pas d'originalité, n'a pas été, que l'auteur sache, encore essayé ; il paraît, du reste, d'une mise en pratique un peu délicate.

Description.

L'auteur donne la description de quelques-uns des procédés proposés et la date à laquelle ils ont paru :

1884. *Fritz Heckert.* — Cet inventeur s'est surtout préoccupé de l'application de réseaux métalliques de différentes formes sur des pièces de gobeletterie en vue de les décorer.

Ce réseau n'est que soudé sur une des faces de la pièce de verre, et ce n'est qu'incidemment que l'inventeur paraît s'être proposé d'insérer un réseau métallique dans une feuille de verre plane.

1887. *John Armstrong.* — M. Armstrong ne modifie que très peu l'appareil employé ordinairement pour le laminage du verre ; il se contente d'appliquer au-dessus du rouleau lamineur un bâti portant un premier rouleau sur lequel est enroulé le réseau, ce réseau étant, d'autre part, attaché par une de ses extrémités à la table, puis il dispose au-dessus un rouleau plus petit, le long duquel il glisse avant de passer sous le grand rouleau.

Dans les conditions où se fait l'opération, ce n'est que par hasard que le réseau peut se trouver dans le verre placé comme il doit l'être; il a, tout au contraire, toute raison pour rester à la surface de la couche de verre, dans les conditions, par suite, les plus défavorables.

1889. *Armin Tenner.* — M. Armin Tenner se contente, pour fabriquer le verre armé, de couler du verre dans un moule plat, et d'égaliser cette masse de verre soit à l'aide d'une presse, soit à l'aide d'un rouleau, puis de déposer un réseau métallique sur cette couche de verre encore chaude et, cette opération une fois faite, de verser une nouvelle masse de verre qu'il aplanit comme il l'a fait pour la première.

Ce procédé, qui ne fonctionne que par opérations successives, ne semble pouvoir donner que des verres de dimensions assez réduites et toujours d'une grande épaisseur relative.

C'est, du reste, le procédé qui est employé pour la fabrication des *dalles armées* qui ont une épaisseur double et triple de celle

du verre employé ordinairement pour les vitrages et pour les toitures.

1891. *Paul Siévert.* — M. Siévert propose d'employer un moule encadré dont le fond porte une série de saillies sur lesquelles on fait reposer le réseau avant de verser le verre; on procède à la coulée du verre en une seule opération.

D'après ce qu'espérait l'inventeur, le verre, tout en remplissant le moule doit, grâce à sa fluidité, passer sous le réseau et, par suite, l'emprisonner complètement; mais cette immersion ne paraît devoir se faire que d'une façon fort irrégulière; ce procédé ne pourrait, de plus, être employé que pour des surfaces de petites dimensions.

1892. *Frank Shuman.* — L'inventeur, comme il a été dit, procède par *insertion*; ce procédé est, de tous, le plus pratique qui ait été imaginé jusqu'à cette époque; on a réussi, en effet, à fabriquer le verre armé par ce procédé, en très grandes surfaces dans des conditions économiques très satisfaisantes.

Le reproche qui peut être adressé à ce procédé est de ne pouvoir opérer la soudure qu'à une température un peu basse, on court ainsi le risque d'altérer le verre et de nuire à sa solidité en provoquant un commencement de cristallisation toujours à craindre avec les verres de glacerie.

1893. *Léon Appert.* — Ce procédé est le type du procédé par *interposition*; il consiste à mettre le réseau entre deux couches de verre obtenues par un versage et un laminage opérés simultanément.

Cette simultanéité dans l'opération a le grand avantage de simplifier l'opération et de la rendre aussi rapide que s'il n'y avait qu'une couche de verre.

Elle permet également d'obtenir une soudure plus parfaite du réseau, en même temps qu'elle conserve au verre toutes ses qualités, en évitant toute alternative de refroidissement et de réchauffage.

Le verre fabriqué par ce procédé est plus poli et plus uni de surface que le verre fabriqué par les procédés par insertion.

L'inventeur a prévu deux méthodes de fonctionnement différentes des appareils, soit que la table soit fixe et les cylindres mobiles, soit que la table soit mobile et les cylindres fixes.

Ces deux méthodes qui donnent des résultats identiques comme nature des produits, sont toutes deux employées.

1894. *Frank Overn, Horace Pettit, John Overn.* — Le procédé imaginé par ces inventeurs est une modification du procédé Shuman ; les appareils d'insertion sont seuls différents.

Ils se contentent, en effet, de remplacer le rouleau à lames de M. Shuman par un chariot portant des saillies en forme de griffes, qui entrent dans le verre et appuient sur le réseau pour en produire l'enfoncement.

Ce procédé n'a rien qui le recommande de préférence à celui de M. Shuman ; il offre, au contraire, le danger que les griffes ne s'échauffent et ne se soudent au verre de la feuille, à la fin de l'opération, ce qui en occasionnerait la non-réussite.

1894. *John Parker.* — M. Parker lamine le verre entre deux cylindres de même diamètre, tournant en sens contraire, avec la même vitesse ; des lames métalliques, en forme de couteaux, dirigent le réseau en dessus et en dessous, et ont pour mission de le maintenir, dans la position médiane, entre les deux cylindres ; le verre, une fois laminé, glisse sur une table et, de là, se rend dans le four de recuisson.

Le laminage ne s'opère que dans de mauvaises conditions entre deux cylindres disposés de cette façon, et le verre ne peut se distribuer qu'inégalement entre les couteaux directeurs ; il en résulte que le réseau peut se déplacer dans la feuille de verre, en se mettant à une distance inégale des surfaces.

1894. *John Croskey et Joseph Locke.* — Ces inventeurs ont eu, comme M. Walsh, dont il a été parlé, l'idée de soustraire le réseau métallique à l'action directe du verre fondu, en entourant le fil d'acier d'une couche d'amiante, ou asbeste, qui, étant incombustible, se conserve intacte, quand on la met en contact avec le verre chaud.

Au moment de la fabrication, on chauffe le panneau préparé dans ces conditions, à la température du rouge sombre, et on l'introduit aussitôt dans la masse de verre.

Le procédé employé pour cette introduction est le procédé Appert.

L'élasticité donnée par l'interposition de cette matière peu résistante doit, d'après les inventeurs, procurer au verre une solidité plus grande, et lui permettre de pouvoir être employé pour fabriquer des glaces polies armées, ce qu'à tort ils prétendaient ne pouvoir être fait avec le verre armé ordinaire, comme il en a été déjà parlé.

1894. *William Pilkington.* — M. Pilkington opère également avec deux cylindres égaux, mais de plus grand diamètre et sur lesquels s'effectue le versage simultané de deux masses de verre que deux rouleaux de plus faible diamètre ont pour mission de laminer à une épaisseur qui soit pour chacune d'elles égale à la demi-épaisseur de la feuille.

Ces deux demi-feuilles ainsi laminées doivent se souder en se rencontrant, et en même temps que le réseau descendant verticalement est incorporé entre les deux lames de verre.

L'écoulement des deux feuilles de verre le long des rouleaux ne peut se faire dans des conditions convenables; elles tendent toujours à glisser le plus souvent inégalement avant de se souder, rendant inutile le laminage préalable des deux demi-feuilles.

1895. *Gregg et Stouffer.* — Ce procédé, qui est encore un procédé par insertion, agit sur le réseau à l'aide de baguettes réunies en un cadre qui marche en avant et de concert avec le rouleau lamineur.

Le réseau est attaché à l'extrémité de la table, et il est dirigé à la hauteur voulue entre une série de petits cylindres.

Ce procédé n'a rien de préférable au procédé de MM. Frank Overn et Horace Pettit, avec lequel il a quelque analogie. Il en présente les mêmes défauts.

1895. *Edward Walsh junior.* — Ce procédé consiste à insérer le réseau dans la masse de verre, puis à remplir le sillon que les fils de ce réseau ont formé avec du verre très fusible de façon que la surface de la feuille redevienne plane et unie.

Il est difficile d'admettre qu'une feuille composée de verres de diverses natures ne soit ni bien solide, ni bien régulière : ce procédé n'a eu, en effet, aucun succès.

1896. *Frank Shuman.* — La modification que M. Shuman a cherché à apporter à son premier procédé consiste à maintenir le réseau à la distance voulue de la table, au moyen d'une pièce arrondie garnie de nervures qui maintiennent le réseau tout en laissant passer le verre sous ce réseau. Le premier procédé imaginé par M. Shuman est de beaucoup préférable, et en réalité, le seul pratique; il n'a pas été mis en pratique industrielle.

1896. *Frank Shuman.* — Le principe de fabrication sur lequel M. Shuman s'appuie dans ce troisième procédé, est le même que pour son premier procédé par *insertion;* il cherche seulement,

par la modification qu'il a apportée, à éviter le refroidissement intense qui se produit par l'insertion des lames du cylindre, et, pour cela, il lamine le verre et enfonce le réseau en même temps, par le rouleau à cannelures que suit un rouleau lisse égaliseur, de sorte que l'ordre dans lequel sont mis en mouvement les deux rouleaux est interverti, si on le compare à ce qui se passe quand on opère par le procédé faisant l'objet de son premier brevet.

C'est donc une modification favorable à son premier procédé, dont le défaut est de tendre à refroidir le verre beaucoup trop, et de risquer de nuire à la soudure des deux éléments.

Ce procédé a eu en vue de permettre de faire des feuilles de verre armé plus minces, ce qu'il réussit à faire du reste.

1898. *Aktien Gesellschaft für Glasindustrie* (anciennement *Frédéric Siemens*). — Le procédé qu'a fait breveter cette Société ne concerne pas l'introduction du réseau qui s'effectue par un des procédés décrits ci-dessus; il a seulement pour objet de déposer un réseau d'une forme quelconque sur une feuille de verre laminée préalablement; pour cela, il utilise le magnétisme communiqué momentanément par des contacts convenablement disposés à un plateau horizontal sous lequel est amenée la table sur laquelle le verre a été laminé, pour maintenir le réseau et l'abandonner au moment voulu par une simple suppression du passage du courant qui ainsi fait cesser l'action magnétique.

Ce procédé donne de grandes facilités pour faire des panneaux armés de dimensions très différentes ou ornementés. Il est, de plus, très ingénieusement combiné au point de vue de la concordance du mouvement de la table et du passage du courant électrique.

1898. *Charles Hartung*. — Ce procédé n'est qu'une modification sans importance du procédé Shuman, il en a les avantages et les inconvénients.

L'objet qu'avait en vue l'inventeur était de diriger le réseau dans de meilleures conditions que ne semblait pouvoir le faire M. Shuman; la disposition adoptée est telle que le réseau est, en effet, dirigé aussi bien en dessous qu'en dessus.

Le procédé Shuman sous sa dernière forme répond suffisamment aux besoins de la fabrication à ce sujet, et est moins susceptible d'amener le refroidissement du verre.

1900. *Max. Baumgartel*. — Le but que poursuit M. Baumgartel

est de maintenir le réseau à une distance déterminée de la table de laminage et fixée d'avance jusqu'au moment où le verre vient l'entourer; il propose, pour y arriver, d'employer plusieurs moyens; soit en mettant sur la table de petites cales en verre, destinées a être noyées dans la feuille de verre une fois laminée, soit en remplaçant ces cales en verre par d'autres cales formées d'une matière combustible se brûlant au contact du verre, au moment où il est coulé, soit enfin par des ergots, émergeant à volonté au-dessus de la surface de la table jusqu'au moment du laminage, et disparaissant au moment du passage du rouleau lamineur, n'abandonnant ainsi le réseau que le plus tardivement possible; à cet effet, ces ergots formés de matière incombustible sont commandés par des leviers mobiles placés sous la table.

Ce procédé, qui est d'une conception ingénieuse, dans la dernière partie de la description surtout, paraît devoir être un peu délicat comme application; il n'a pas été mis en pratique jusqu'ici.

1901. *Swarer et Toynbee.* — Ce procédé, qui est un des derniers proposés, le brevet qui en donne la description datant de l'année 1901, n'est qu'une modification du procédé Appert, dont il est regardé, aux États-Unis, comme une imitation pure et simple.

Sur une table de très grande longueur on coule une première feuille avec apposition du réseau et laminage sous un premier rouleau; la table mobile, continuant son mouvement, passe sous un autre rouleau sous lequel est laminée la seconde couche de verre comme dans le procédé Appert.

On ne voit aucun avantage à ne pas opérer au même moment pour le versage des deux couches de verre; et, d'après ce qui a été dit plus haut, en ce qui concerne les alternatives de refroidissement et de rechauffage du verre et des dangers qu'elles présentent, le verre fabriqué dans ces conditions pourra être moins solide que le verre fabriqué par le procédé Appert. Ce procédé ne fonctionne, du reste, dans de bonnes conditions, paraît-il, qu'autant que le laminage des deux couches se fait d'une façon plus rapprochée, revenant ainsi au procédé que les auteurs ont imité et qu'ils ont eu en vue de contrefaire.

1901. *Mississippi Glass C°.* — La modification proposée par la Mississippi Glass C° a pour objet d'apporter un perfectionnement peu important au procédé Shuman. Le moyen d'insertion est, en effet, le même; il a, en plus, deux cylindres égaliseurs qui

suivent le premier cylindre dont on ne s'explique pas bien le rôle et ce qui en nécessite l'emploi.

Le perfectionnement ne paraît pas de nature à améliorer le procédé Shuman, au contraire, puisque cette multiplicité de cylindres lamineurs ne peut que refroidir le verre avec plus d'intensité et de rapidité.

Essais de résistance.

Pour montrer la résistance du verre armé, on a procédé à une série d'expériences auxquelles on a cherché à donné un caractère démonstratif destiné à appeler l'attention du public.

La Compagnie de Saint-Gobain a procédé à quelques-unes de ces expériences sur du verre armé fabriqué par elle dans sa glacerie de Saint-Gobain.

Pour se mettre dans les conditions où le verre armé est appelé à résister ordinairement, c'est-à-dire sur l'ensemble de sa surface, on a chargé une feuille de verre, supportée à ses deux extrémités de briques empilées formant un parallélipipède de 44 *cm* de côté sur 55 *cm* avec interposition d'une couche de sable fin.

Le poids de cette pile était, par assise, de 36 *kg;* la feuille de verre, qui avait 6,5 *mm* d'épaisseur, 1,40 *m* de portée et 0,58 *m* de largeur, a commencé à se fendre sous le poids de 468 *kg* (13 assises) ; sous cette première charge, une feuille de verre ordinaire est détruite et s'effondre. On a continué à la charger en ajoutant de nouvelles briques ; sous une charge de 720 *kg* (20 assises), elle s'est fissurée en tous sens, en prenant une flèche plus accentuée. Enfin, de nouvelles briques ayant été encore ajoutées, représentant un poids de 1 044 *kg* (29 assises), cette dernière et énorme surcharge n'a pas encore réussi à en opérer l'effondrement. L'expérience s'est arrêtée là.

Sur une feuille de mêmes dimensions, supportée par un cadre en bois, on a pu, sans inconvénient et sans danger, faire monter et séjourner trois hommes adultes placés à côté les uns des autres, représentant un poids de 200 *kg*.

On peut conclure de ces expériences qu'une feuille de verre de ces dimensions peut supporter une charge supplémentaire telle que le poids d'un homme, sans danger, quoique brusquement appliquée.

Pour apprécier la résistance du verre sous l'action de la chaleur, on a procédé, aux États-Unis, à des essais qui ont été renou-

velés, successivement en France et en Allemagne, un peu plus tard.

L'Appert Glass C°, de New-York, sur les indications du Syndicat des fire underwiters (Syndicat des Compagnies d'assurances), a fait construire un édicule dont les baies étaient garnies de verre armé; on avait eu soin de disposer, à l'intérieur, des matériaux de diverses natures, ainsi que des objets mobiliers et des étoffes de façon à se rendre compte, par la détérioration qu'ils viendraient à subir, de la mesure dans laquelle le verre armé, employé, pouvait les protéger.

Les remarquables résultats de ces expériences, qui avaient duré plusieurs jours et qui furent renouvelées devant un grand nombre de spectateurs, fixèrent définitivement sur les conditions dans lesquelles le verre armé devait être employé.

A partir de cette époque, le Syndicat des fire underwiters, précité, décidait de faire intervenir, dans leurs contrats d'assurance, l'*obligation* d'employer le verre armé au lieu et place du verre ordinaire dans les constructions neuves, moyennant l'observation de certaines conditions, en ce qui concerne particulièrement les emplacements où il devait être employé, et la façon dont il devait être posé, ainsi que la nature du verre et son épaisseur, les dimensions du réseau, sa forme, et la grosseur du fil.

Pour les constructions déjà existantes, le Syndicat décidait de proposer de faire bénéficier d'une réduction de 10 0/0 sur le montant de leurs primes ceux de leurs assurés qui consentiraient à le substituer au verre ordinaire.

La municipalité de la ville de New-York, mise au courant des décisions des Compagnies d'assurances, faisait paraître à son tour, en date du 1er mai 1901, une ordonnance par laquelle elle *imposait* l'emploi du verre armé dans les escaliers, pour les fenêtres, les portes et les baies qui peuvent y être ouvertes.

En France, des essais ont été faits, sur l'initiative de M. le Préfet de Police, devant une Commission, dite des incendies, chargée de l'examen des propositions intéressant la sécurité publique.

Une première série d'essais furent faits, en 1900, sur du verre armé de Bohême, fourni par M. F. Siemens; ces essais ont été renouvelés, en 1902, sur du verre fourni par la Compagnie de Saint-Gobain.

A la suite de ces essais, M. le Préfet de Police a cru pouvoir recommander le verre armé à l'égal des matériaux employés

jusqu'ici, tels que la tôle de fer et la tôle avec interposition de bois, employés, en particulier, pour les portes de communication de maison à maison.

Pour les théâtres, des recommandations analogues ont été faites, en ce qui concerne les châssis placés sur les toitures, les portes de communication et les planchers; l'Administration préfectorale n'a pas osé en faire encore une obligation.

L'application en a été faite pour la première fois, à Paris, au théâtre de l'Opéra, où les châssis éclairants, posés sur les toitures, sont garnis de verre armé, calculés pour supporter le poids d'un homme adulte.

Ces recommandations tutélaires ont été étendues depuis au vitrage des marquises, vérandas et châssis, placés sur la voie publique; le verre armé étant recommandé à l'égal du verre ordinaire avec treillis sous-jacent, imposé seul jusqu'ici.

Des essais de précision ont été faits plus tard pour se rendre un compte exact des conditions d'emploi du verre armé.

Les premiers de ces essais ont été faits au laboratoire de Charlottenbourg avec du verre fabriqué par M. Siemens.

Ils ont été renouvelés successivement dans toutes les contrées où l'emploi de ce verre s'est peu à peu répandu.

La nature de ces essais a été la même dans chacun d'eux; on a cherché, en premier lieu, à se rendre compte de sa résistance à la flexion ou, autrement dit, à mesurer son degré de ténacité, et, en second lieu, à apprécier son degré de cohésion, de façon à pouvoir se rendre compte de la manière dont il serait susceptible de se comporter dans le cas d'un incendie, par exemple.

Pour les essais à la flexion, les expériences ont porté, soit sur des échantillons de verre armé enchâssés et encastrés dans du ciment portland, soit sur des échantillons simplement supportés à leurs deux extrémités et chargés en leur milieu sans garniture de ciment.

La Compagnie de Saint-Gobain qui s'est livrée à ces essais, employait une machine Falcot, dont le principe est bien connu; cette machine est munie, dans l'espèce, de couteaux en bois de gaïac.

Voici les dimensions des échantillons employés :

La longueur ou la portée *l* était de	400 *mm*
La largeur *b* de.	200 —
L'épaisseur moyenne *e* de	6,5

La charge appliquée étant désignée par P, par n le coefficient de résistance et M le moment fléchissant dans la section du milieu, I étant le moment d'inertie de la section,

on a: $$n = \frac{V}{I},$$

dans laquelle $$V = \frac{e}{2},$$

l'unité de poids étant le kilogramme et l'unité de longueur étant le millimètre.

On a d'autre part:

$$I = \frac{be^3}{12} \text{ ou } \frac{I}{V} = \frac{le^2}{6},$$

d'où $$n = \frac{\frac{Pl}{4}}{\frac{I}{V}} = \frac{\frac{P}{4}}{\frac{l^2}{6}} = \frac{6P}{4e^2} = \frac{3P}{2e^2}.$$

Aux États-Unis où ces essais ont été faits sur la demande même du Gouvernement américain, ils ont été exécutés par le département de la guerre, à l'arsenal de Watertown (État de New-York); ils ont donné lieu à des diagrammes formant un volumineux dossier intéressant à tous égards.

Comme en Europe, ces essais ont été faits sur des verres encastrés dans du ciment et sur des verres supportés sans garniture de ciment.

La charge était appliquée au milieu par l'intermédiaire d'un bloc de fonte de 50 *mm* $\times$ 50 *mm* de côté, avec interposition de coussins en carton humide entre le bloc de métal et le verre; la charge augmentée graduellement jusqu'à la rupture était considérée comme caractérisant la résistance du verre.

Les résultats des essais transversaux sont ramenés à la résistance à la rupture en livres, par pouce carré (soit 0,072 *kg* par centimètre carré).

La formule appliquée était:

$$R = \frac{3}{2} \frac{Pl}{bd^2},$$

dans laquelle on désigne par :

R le module de rupture ;
P la charge en livres ;
l la largeur de la feuille en expérimentation ;
b la largeur ;
d l'épaisseur du verre en pouces.

Il résulte de l'ensemble de ces essais faits de part et d'autre :

1° Qu'on peut estimer la résistance du verre armé par centimètre carré à 215 *kg* ou 216 *kg* ;

2° Que l'insertion d'un réseau métallique dans une feuille de verre n'augmente pas la résistance propre du verre et qu'elle tendrait même plutôt à la diminuer ;

3° Que la résistance est sensiblement la même, quelle que soit la forme du réseau, qu'il soit en treillage losangé à double torsion, ou sous forme de toile métallique à mailles carrées et à fils croisés ; il y aurait, toutefois, une certaine supériorité en faveur des verres à mailles carrées, due à la façon dont le métal travaille comme il le fait dans le ciment armé ;

4° Que les verres armés de bonne fabrication, quelle qu'en soit la provenance, sont supérieurs aux verres laminés ordinaires auxquels ils doivent être substitués, par la *façon dont ils se rompent*, leur résistance ultérieure, quoique fêlés et fendus en tous sens, étant alors trois et quatre fois supérieure à celle de ces mêmes verres.

5° En vue de surcharges accidentelles possibles, le verre armé ne devra pas être employé avec des portées de feuilles, entre fers, supérieures à 0,55 ; il sera préférable même de se maintenir, comme sécurité, dans des limites un peu inférieures, de 0,50 *m* par exemple, la longueur des feuilles étant indifférente ;

6° Comme mode d'emploi, les feuilles de verre pourront être bordées ou débordées ; on exige, en effet, en Allemagne, qu'elles soient bordées, tandis que les Compagnies d'assurances américaines, au contraire, exigent qu'elles soient débordées.

Les essais faits pour apprécier la cohésion du verre sous l'action de températures élevées se sont faits de la façon suivante : on a introduit dans un même châssis métallique, dont les rainures sont recouvertes d'amiante, deux échantillons, l'un en verre armé, l'autre en verre ordinaire ; ce châssis était supporté

sur un bâti, disposé de façon à pouvoir se déplacer suivant l'axe d'un foyer rayonnant intense, à chaleur constante, tel qu'un ouvreau de four de fusion en activité, dont la température est de 1 200° environ ; un thermomètre était posé sur chacun des échantillons en expérience.

Les résultats de ces essais ont été les suivants :

1° Comme pour les précédents essais, la forme et la dimension du réseau sont sans influence sur la fragilité du verre armé et sur la façon dont s'en opère la rupture ;

2° Le verre armé dont les bords sont débordés, c'est-à-dire des bords duquel les filaments métalliques émergent du verre, la feuille étant une fois coupée, casse plus rapidement et plus facilement que celui dans lequel le réseau est immergé, c'est-à-dire noyé intégralement dans le verre ;

3° Quelle que soit la nature du verre mis en expérience, aucun fragment ne s'est séparé de la feuille de verre quand on en a refroidi l'une de ses faces par un jet d'eau froide.

Ces résultats ont été confirmés dans des expériences analogues à celle faite aux États-Unis sur un édicule construit spécialement à cet effet, pour des expériences entreprises par la Compagnie de Saint-Gobain, à Saint-Gobain même.

Emploi du verre armé.

Le verre armé a été employé, jusqu'ici, dans des proportions très différentes, dans les pays où s'en opère la fabrication.

Pour l'Europe, c'est en Allemagne que les applications les plus importantes en ont été faites jusqu'ici.

Depuis l'année 1893, en effet, le plus grand nombre des toitures de grande étendue telles que celles des ateliers industriels, des halls pour lieux de réunion, des gares et stations de chemins de fer, ont été couvertes de verre armé de Bohême.

Le nombre de ces applications n'a fait que s'en augmenter progressivement et en s'étendant à la France, à l'Autriche, la Belgique, l'Espagne, la Suisse.

Par contre, c'est en France que les applications en ont été le moins nombreuses ; ce n'est, en effet, que depuis l'année 1900 que les Ingénieurs et les architectes paraissent s'être préoccupés sérieusement de l'emploi de ce produit en s'enquérant simple-

ment, le plus souvent, des applications qui en étaient faites et des moyens par lesquels ils pourraient s'en procurer.

A ce point de vue il a été certainement regrettable que la couverture des grandes installations faites à l'occasion de l'Exposition internationale de 1900, à Paris, et qui avaient un caractère permanent, n'ait pas été faite avec du verre armé ; cette absence apparente de préoccupations de la part des constructeurs français n'a pas été sans provoquer à l'étranger quelque étonnement, assez justifié du reste.

C'est aux État-Unis que le verre armé est le plus employé et les raisons en sont faciles à saisir si on se reporte aux conditions dans lesquelles s'y pratiquent, comme nous l'avons vu, les assurances contre l'incendie.

C'est, en effet, en vue de parer aux dangers résultant de ce genre de sinistre, qu'on a pensé pouvoir y employer le verre armé avec le plus de profit et le plus efficacement. Tandis qu'en France une tarification uniforme, et pour ainsi dire immuable, s'applique à une catégorie de risques déterminée, cette tarification ne pouvant être modifiée, quelles que soient les mesures protectrices et les précautions prises par l'intéressé, aux États-Unis, au contraire, l'assuré peut discuter avec les compagnies contractantes des conditions dans lesquelles cette assurance pourra lui être consentie.

Il est aidé, dans cette discussion, des conseils de Sociétés spéciales qui, prenant son lieu et place devant les Compagnies, le défendent dans des conditions plus favorables qu'il ne pourrait le faire lui-même, le mettant ainsi à même de bénéficier de sa prévoyance et des précautions qu'il a prises pour sa défense.

En dehors de ces conditions particulières, les conséquences d'un sinistre aux États-Unis sont beaucoup plus graves qu'elles ne le sont généralement en Europe, ce qui tient en particulier à la nature des constructions où entre beaucoup de bois, à leur importance et à leur agglomération souvent excessive.

La propagation des incendies est donc ainsi beaucoup plus rapide et plus à craindre et il n'est pas rare d'apprendre qu'une portion importante d'une cité a été détruite en quelques heures ; c'est devant cette éventualité et les dangers qui en résultent que les Compagnies cherchent, par tous les moyens qui leur sont offerts, à se protéger.

Ces Compagnies sont, en dehors de cela, très puissantes et très riches ; fortement syndiquées entre elles, elles sont en me-

sure d'*imposer* à leurs assurés des conditions que, nulle part ailleurs, on n'oserait même proposer. C'est ce qui explique qu'elles ont pu entraîner, comm eon l'a vu, les municipalités à prendre, pour les installations intérieures des habitations et pour certains produits, tels que le verre armé, des mesures d'un caractère un peu draconien, quand on sait, surtout, avec quelle rigueur l'observation en est surveillée (1).

On s'explique donc la rapide extension qu'a prise l'emploi du verre armé dans cet immense pays, peuplé de consommateurs nombreux, sachant utiliser, dès la première heure, les moyens de protection mis à leur portée ; aussi la consommation s'augmente-t-elle chaque jour dans des proportions imprévues et qu'il serait désirable de voir se réaliser en France. Quel que soit le lieu de production, le verre armé est fabriqué actuellement dans les meilleures conditions, quant à sa solidité et à sa résistance.

Il est, de plus, vendu couramment à un prix relativement peu élevé qui permet de le mettre en concurrence avec le verre ordinaire ; l'emploi peut donc en être fait avantageusement et pour toute demande, quelle que soit son importance, actuellement, la production étant à même d'y répondre.

Quant à l'emploi qui doit être fait du verre armé, il est tout indiqué pour certaines applications spéciales, particulièrement dangereuses :

Partout où les parties vitrées sont de grande étendue et placées à une grande hauteur, partout où la fréquentation du public ou d'un personnel nombreux est un peu importante, le verre armé devra être substitué au verre laminé ordinaire. Il en est de même pour les planchers pour lesquels les dalles et carreaux armés donnent une sécurité absolue en cas de surcharge accidentelle comme en cas de sinistre.

(1) On peut citer, à ce sujet, un fait qui justifiera cette assertion : au commencement de l'année 1902, un incendie d'une grande violence, et qui a pris presque le caractère d'un désastre, a détruit la plus grande partie de la ville de Paterson, dans le New-Jersey ; en procédant à l'examen des ruines, on a constaté qu'une maison de banque, dont les fenêtres étaient garnies de verre armé, sous forme de volets doublant les fenêtres ordinaires, quoiqu'attaquée par le feu pendant plusieurs heures sur trois de ses faces, avait victorieusement résisté et avait échappé seule aux principales conséquences du sinistre, grâce à cette protection ; le fait, une fois constaté officiellement sur la demande des fabricants qui avaient fourni le verre armé, les Compagnies d'assurances décidèrent de conseiller désormais l'emploi du verre armé pour les volets des fenêtres en remplacement du bois et de la tôle et d'en faire une *obligation* pour les fenêtres des maisons bordant des rues étroites.

C'est ce qui est arrivé tout dernièrement à Philadelphie, ville relativement ancienne où existent des rues dans ces conditions ; les contrats d'assurances n'ont été renouvelés aux propriétaires des maisons qui les bordent qu'à la condition de remplacer leurs volets par des volets en verre armé.

Le verre armé se polissant comme la glace ordinaire et avec autant de facilité, il est très désirable de le voir employer pour les véhicules, de quelque nature qu'ils soient, voitures, wagons pour chemins de fer et tramways, automobiles, etc., mettant ainsi le public à l'abri des conséquences, quelquefois si graves, résultant de la projection de fragments de vitres et de glaces qui les garnissent.

Sous cette forme, il peut être également employé pour les habitations luxueuses, pour les magasins et les bureaux, procurant en même temps que les moyens de surveillance que le verre seul est apte à fournir, la sécurité la plus complète contre les accidents de toute nature.

Il doit être employé également dans toutes les occasions où de fortes commotions atmosphériques peuvent se produire, comme dans les poudreries, pour les abris et les hublots, sur les navires de guerre, etc.

État de la production.

Il était intéressant de rechercher dans quelles conditions la fabrication du verre armé s'était organisée pour répondre aux besoins qui se sont manifestés un peu de toute part, et avec une rapidité que, pour certains pays mêmes, il était difficile de prévoir.

Il a été relativement facile de le faire, les procédés de fabrication employés étant d'invention récente et, par suite, encore protégés par les brevets qui ont été accordés à leurs inventeurs.

En Allemagne, où le verre armé a déjà été utilisé sur une grande échelle, plusieurs Sociétés se livrent à cette fabrication : la plus ancienne est l'Aktien Gesselschaft für Glasindustrie, à Neusallt (Bohême).

Cette Société produit des quantités importantes de verre armé, qu'elle écoule en Allemagne, en Autriche-Hongrie et dans les contrées de l'Est.

Vient en second lieu la Compagnie de Saint-Gobain, Chauny et Cirey qui fabrique le verre armé dans deux de ses succursales, à Stolberg près Cologne, et à Altwasser en Silésie. Elle y est seule concessionnaire des licences d'exploitation du procédé Appert.

Enfin, l'usine de Schalke, en Westphalie, fabrique le verre armé par le procédé Shuman, dont elle est concessionnaire.

En Angleterre, la Société Pilkington brothers, à Saint-Helens

(Lancashire), fabrique le verre armé pour le Royaume-Uni et ses colonies par le procédé Appert.

On peut se rendre compte de l'importance qu'a dû prendre cette fabrication, par ce fait que la Société Pilkington a à fournir en ce moment le verre armé nécessaire pour la couverture des ateliers de construction mécanique que la Westinghouse Electric C° fait installer près de Manchester, et dont la surface n'est pas moindre de 300000 pieds (environ 30000 m^2).

Une installation de même importance avait été faite l'année dernière à Pittsburg, aux États-Unis, pour la même Société.

En France, la Compagnie de Saint-Gobain fabrique le verre armé dans sa glacerie de Saint-Gobain, également par le même procédé.

La Société des Glaces et Verres spéciaux du Nord, à Jeumont, y est concessionnaire des licences d'exploitation du procédé Shuman.

La Société des Verreries de Charleroi-Roux fabrique en Belgique également par le procédé Shuman.

Aux États-Unis, la première usine fabriquant le verre armé, installée à Tacony, par M. Shuman, a été remplacée en 1895, par la Mississippi Glass C°, de Saint-Louis, qui est devenue ainsi l'unique concessionnaire des procédés Shuman.

En 1900, l'Appert Glass C°, concessionnaire depuis 1898 du brevet Appert, a formé avec la Mississippi Glass C° précitée, et trois autres Sociétés qui employaient également ce dernier procédé, un trust du verre armé, sous la dénomination de Mississippi Wire Glass C°, au capital de 1500000 dollars; en même temps, elles se rendaient acquéreurs de vingt-deux des brevets américains cités plus haut, de façon à en exercer le contrôle.

La fabrication ainsi monopolisée, pour le moment, par cette association a été concentrée depuis cette époque dans deux de leurs usines: celle de la Mississippi Glass C°, à Saint-Louis, dans laquelle on fabrique par le procédé Shuman et celle de l'Appert Glass C°, à Port-Allégany, dans laquelle on fabrique par le procédé Appert.

Cette importante Association est en mesure d'alimenter de verre armé le continent américain et exporte en même temps au Canada, au Mexique, dans les républiques sud-américaines, en Chine et au Japon.

En ce qui concerne le verre armé fabriqué à l'usine de Port-Allégany, il n'est peut-être pas sans intérêt de signaler le

résultat des essais faits à l'arsenal de Watertown dont il a été parlé plus haut, dans le but de déterminer la résistance comparative du verre armé fabriqué à l'usine de Saint-Louis et celui fabriqué à l'usine de Port-Allégany; ce dernier verre s'est toujours montré supérieur au cours de ces nombreux essais; aussi, depuis cette époque, est-il le seul admis pour les fournitures de l'État.

Les événements, dans toute leur brutalité, sont venus confirmer, dans des circonstances récentes, ce que les expériences et les essais avaient fait pressentir et avaient permis de faire espérer.

Parmi beaucoup d'autres, on peut en citer deux particulièrement intéressants, qui se sont produits depuis la destruction partielle de la ville de Paterson dont il a déjà été parlé : l'un de ces événements, de nature un peu différente, mais presque aussi grave par ses conséquences, se passait au centre même de la ville de New-York, au mois de janvier dernier : 400 *kg* de dynamite, destinés aux travaux du Métropolitain souterrain, le New York Rapid Transit Subway, en construction, qui doit la parcourir dans sa longueur, faisaient subitement explosion. Une dizaine de maisons dans Park Avenue, parmi lesquelles le Murray hill Hotel, le New York ear and eye Hopital et le Grand Central Hotel, dans la 42e rue, la Gare du New York Central et Harlem road, le Manhattan Hotel étaient littéralement éventrés; les planches, les cloisons, les devantures, les vitres, les glaces étaient anéanties et, sous cette énorme poussée atmosphérique, dont les effets s'étaient fait sentir sur une longueur de plus de 400 *m*, seul, un plafond en verre armé avait résisté et subsistait presque intact.

Au mois de mai de cette même année, l'important établissement Armour, à Chicago (l'Armour lard refinery), était, en quelques heures, dévoré par un incendie; cet événement avait une gravité d'autant plus grande que, en dehors de l'inflammabilité des matières qui y étaient contenues, consistant surtout en viandes et en graisses, et de la haute température que leur combustion devait produire, les bâtiments de cette énorme usine étaient enclavés dans de vastes constructions appartenant à d'autres industriels; le verre armé dont étaient garnies toutes les fenêtres des ateliers a permis, par sa résistance comme cohésion et comme ténacité, d'éviter un désastre encore plus grand : pendant trois heures, en effet, le verre de ces fenêtres a résisté sans défaillance, aussi bien à l'énorme température qui était développée dans l'intérieur des ateliers embrasés, qu'à la

pression de l'eau envoyée par les lances des nombreuses pompes à vapeur qui, pendant ce temps, les inondaient d'une façon continue.

La pression sous laquelle l'eau était lancée était de 110 livres par pouce carré (8 *kg* par centimètre carré).

Des constatations officielles ont été faites à la suite de ces divers événements et leurs résultats ont été publiés dans le but d'attirer l'attention du public et de montrer, une fois de plus, la sécurité que le verre armé était susceptible de procurer dans les circonstances les plus diverses.

Le but que se proposait l'auteur de cette communication était de faire connaître aux Membres de la Société ce produit intéressant : le *verre armé*, nouveau matériau, peut-on dire, mis à leur disposition, son plus vif désir serait d'y être arrivé, le public aussi bien que les particuliers ne pourront que bénéficier de l'usage qui en sera fait par la sécurité que ce verre doué de propriétés si appréciables leur procurera dans les circonstances les plus variées.

NAVIGATION AÉRIENNE[1]

PAR

M. Rodolphe SOREAU

Lorsque, en 1893, j'eus l'honneur de prendre pour la première fois la parole à la Société et d'exposer devant vous le problème de la direction des aérostats, beaucoup d'esprits éclairés considéraient encore le ballon dirigeable comme une utopie, et tenaient pour des visionnaires ceux qui s'attachaient à son étude ou à sa réalisation. Il y avait peut-être alors quelque courage à porter la question devant une assemblée d'ingénieurs, quelque mérite à la débarrasser des conceptions vagues dont on l'avait entourée comme à plaisir, à dégager les principes sur lesquels elle repose, à démontrer — je cite la conclusion même de mon Mémoire — « non seulement la possibilité de diriger les ballons, mais encore la grande probabilité de les employer bientôt dans de remarquables conditions de vitesse et de durée (2) ». Si cette prédiction ne s'est pas encore pleinement accomplie, du moins personne aujourd'hui n'en met en doute le bien-fondé. D'aucuns même entrevoient déjà, pour un avenir peu éloigné, que des flottilles de navires aériens sillonneront l'espace à de vertigineuses allures, traversant les océans, explorant le continent noir ou les contrées polaires, permettant même les échanges avec des régions jusqu'alors inaccessibles à l'activité humaine ! Est-il besoin d'ajouter que les adeptes de la dernière heure sont parmi les plus enthousiastes, mais que l'ingénieur qui a mûrement étudié le problème ne partage pas plus les chimériques espérances de ces néophytes qu'il ne partageait leurs sophismes d'autrefois?

Ainsi donc, Messieurs, alors qu'en 1893 je me demandais, non sans appréhension, quel accueil vous réserveriez à une communication sur le ballon dirigeable, je me retrouve à cette même tribune, à moins de dix années d'intervalle, obligé de faire les plus expresses réserves sur certains optimismes, j'allais dire sur

(1) Communication faite à la séance du 2 mai 1902.

(2) *Le problème de la direction des ballons.* Bulletin de février 1893, page 300.

certains emballements. Bien plus, — et c'est une piquante antithèse, — j'y suis amené pour avoir contesté ici la valeur technique d'expériences récentes dont les plus ardents panégyristes avaient nié jusqu'alors la possibilité de diriger les aérostats, avec une virulence qui semblait leur interdire ce revirement soudain.

Comment en un or pur le plomb s'est-il changé ? (1)

Mais je n'insiste pas ; aussi bien, nous avons mieux à faire, et j'ai hâte d'entrer dans le vif de mon sujet.

La question de la navigation aérienne vous est connue dans ses lignes générales ; je puis donc me dispenser de vous la présenter sous une forme didactique, ainsi que j'ai fait dans mes Communications précédentes, alors qu'il était utile de l'asseoir sur des principes s'enchaînant les uns aux autres. Je préfère m'en tenir aujourd'hui à un examen plus fouillé d'un petit nombre de points essentiels : rôle du vent et position exacte du problème ; équilibre dynamique ; stabilité du ballon dirigeable et de l'aéroplane ; aperçus sur l'Aérodynamique.

ROLE DU VENT

Dans les nombreuses conversations ou discussions que j'ai eues sur la navigation aérienne — qu'il s'agit d'oiseaux, de dirigeables ou d'aéroplanes, — j'ai été frappé de voir combien le rôle du vent est généralement mal compris, même par les personnes à qui la Mécanique est familière. Aussi me semble-t-il indispensable de bien préciser ce rôle, avant d'étudier le navire aérien en lui-même. Ce sera du reste pour moi l'occasion de développer une loi météorologique que je vous ai annoncée il y a cinq ans (2).

(1) A titre documentaire, je détache le passage suivant d'une conférence faite il y a quelques années par l'un des plus zélés admirateurs de M. Santos-Dumont : « Il existe une école d'empiriques qui sont parvenus à persuader au public qu'il est facile de diriger les ballons contre le vent... et la Commission du budget partage cette opinion... Rien ne serait plus aisé que de démontrer la fausseté de cette théorie, que de constater que cette recherche est aussi peu rationnelle que celle de la quadrature du cercle et du mouvement perpétuel ; je me donnerai garde d'empiéter sur les explications que M. Emmanuel Aimé doit vous donner dans sa prochaine conférence... Ces enthousiastes, ces ignorants, ces demi et quart de savants qui se dupent eux-mêmes, non seulement nous n'attendons rien d'eux, mais nous les considérons comme les pires ennemis de nos études... Il n'y a rien de commun entre eux et nous, ni le but, ni la méthode. » *Revue scientifique* du 10 mars 1894.

(2) *Le problème général de la navigation aérienne*, Bulletin d'août 1897, page 146.

Indépendance du navire par rapport aux courants réguliers. — La plupart des écrits sur l'Aéronautique font intervenir à tout propos, et surtout hors de propos, *la lutte contre le vent*, comme si le navire éprouvait une *difficulté mécanique spéciale* à se mouvoir dans une direction opposée à celle du courant où il est immergé. Or cette difficulté existe-t-elle, et, si elle existe, quelle est exactement son action ?

Plaçons-nous d'abord dans l'hypothèse où l'air est entraîné au-dessus du sol d'un mouvement uniforme, en bloc pour ainsi dire. Tandis qu'à terre le vent se manifeste par les effets les plus divers, il n'a aucune action dynamique sur le navire aérien; celui-ci, du fait qu'il est entièrement plongé dans le courant, participe à son déplacement général, *sans lutte d'aucune sorte.*

Pour vous faire saisir toutes les conséquences de cette proposition si simple, j'aurai recours à la démonstration suivante, qui me paraît éminemment suggestive. Supposez que vous soyez dans la nacelle d'un ballon ordinaire, au-dessus de nuages qui cachent la terre à vos yeux : vous perdrez aussitôt toute notion de votre course au-dessus du sol; aux mouvements verticaux près, vous serez rigoureusement immobiles au sein de l'atmosphère, dont votre ballon constituera en quelque sorte, si j'ose accoupler ces mots, une grosse molécule, en suspens au sein des molécules d'air. Imaginez maintenant que, bord à bord avec votre aérostat, flotte un autre ballon susceptible d'acquérir une vitesse propre, *si petite qu'elle soit*, et de tenir sa route quand son propulseur est en action, autrement dit d'*avoir de la stabilité.* Tant que le propulseur est au repos, les deux ballons restent côte à côte, si nous admettons qu'on les maintienne toujours à la même hauteur; mais, dès que le propulseur est en mouvement, le second ballon s'éloigne du vôtre, dans un azimut *astronomique* quelconque, nord ou sud, est ou ouest, et cela avec la même aisance et la même vitesse. Que, sous lui, la terre fuie avec telle rapidité et dans tel sens qu'on voudra, c'est là un phénomène tout à fait indépendant qui ne le gêne en rien, qui ne contrarie pas l'action de son hélice ni de son gouvernail; ses évolutions autour du ballon ordinaire où vous êtes sont à l'entière disposition du pilote ; il peut décrire autour de vous des cercles, des ellipses, des huit, etc... Il marche alors *à une vitesse uniforme, vent debout*, ou plus exactement courant debout, car le vent n'est autre chose ici que le courant qui résulte de la vitesse propre du ballon dirigeable.

Où le vent proprement dit intervient, c'est quand on veut *repérer sur le sol* la trajectoire céleste. Mais cette intervention, pour indirecte qu'elle soit, est néanmoins capitale, en raison de ce fait que la trajectoire terrestre importe seule en pratique, puisque c'est à la terre que nous attachent nos besoins, c'est sur le sol que se trouvent le point de départ et le point terminus du voyage. À la trajectoire *aérienne* C qui peut être quelconque, et qui sera parcourue d'un mouvement uniforme tant qu'on ne modifiera pas l'allure du moteur *(fig. 1)*, corres-

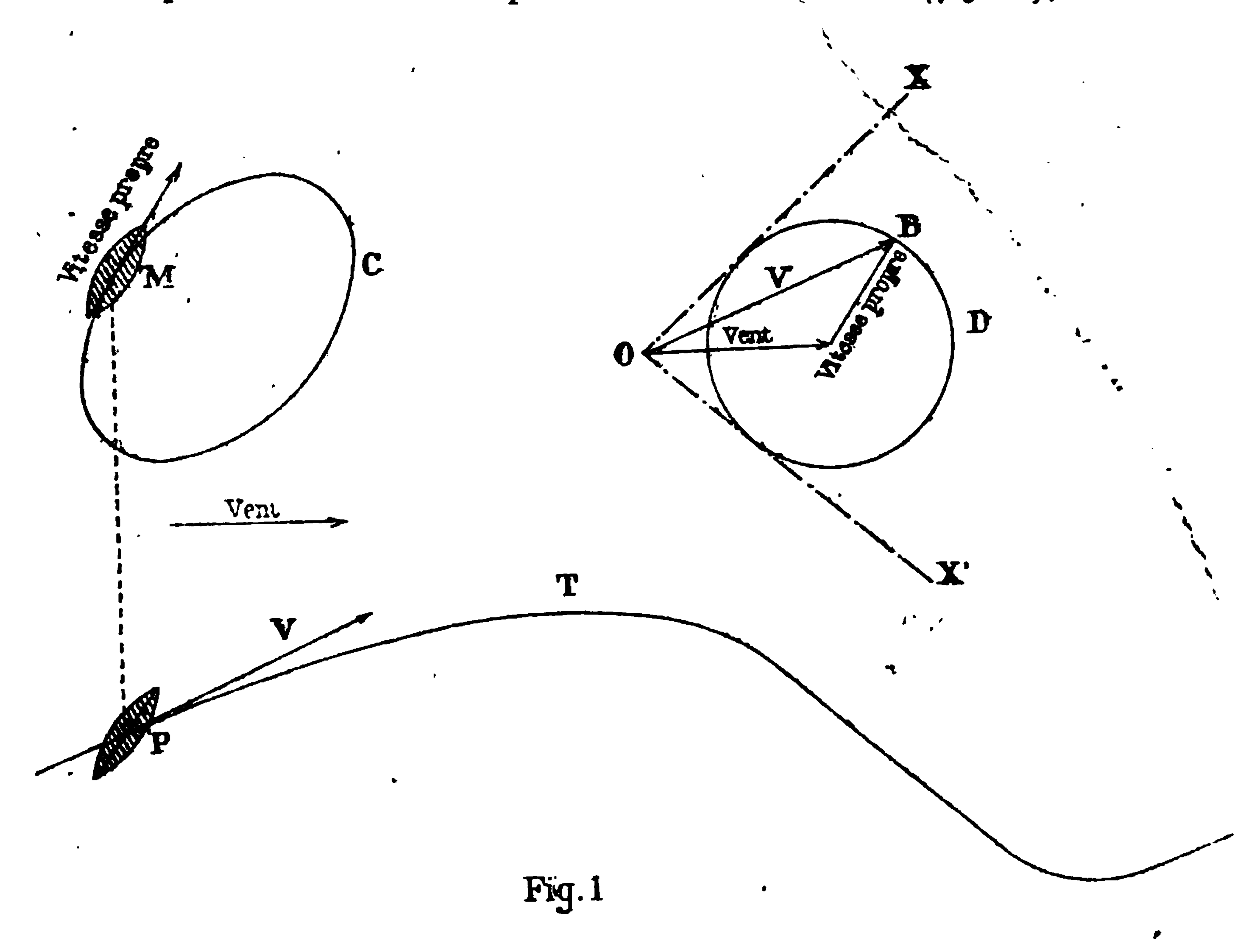


Fig. 1

pondra une trajectoire *terrestre* T dont la vitesse V au point P s'obtient, en grandeur et en direction, en composant, sur le diagramme D, la vitesse du vent avec la vitesse propre au point correspondant M de la trajectoire aérienne. Or, le lieu du point B est une circonférence, puisque le ballon peut évoluer dans un azimut astronomique quelconque. Si la vitesse propre est inférieure à la vitesse du vent, le point O se trouve à l'extérieur de cette circonférence, et les azimuts terrestres ou géographiques OB accessibles au ballon sont compris dans le secteur XOX', dit secteur maniable : ainsi, tant que le vent et que la vitesse propre ne changent pas, la tangente en un point quelconque de T est

parallèle à une droite comprise dans l'angle XOX', et la trajectoire terrestre ne peut se développer que dans le sens du vent. Si, au contraire, la vitesse propre est supérieure à la vitesse du vent, le point O est à l'intérieur de la circonférence, et le ballon peut évoluer dans tous les azimuts géographiques, avec une vitesse variable suivant ces azimuts; il suffit alors au pilote d'orienter convenablement le gouvernail pour décrire au-dessus du sol telle courbe qu'il voudra, et en particulier une courbe fermée : dès lors le ballon, de par sa stabilité et de par sa vitesse propre, constitue un ballon dirigeable par rapport au sol, ou plus simplement un dirigeable. Il importe de remarquer que, dans tous les cas : 1° *il marche vent debout*, ce vent n'étant autre que celui qui résulte de la vitesse propre ; 2° *l'hélice et le gouvernail agissent toujours dans des conditions identiques à elles-mêmes, quelles que soient la direction du cap et la vitesse du vent.*

Les notions qui précèdent sont élémentaires, ce qui n'empêche qu'on s'en affranchit généralement aussitôt qu'on discute sur les évolutions des hôtes de l'air, oiseaux ou navires (1). C'est ce qu'on peut vérifier en parcourant les meilleures études sur la navigation aérienne ou sur le vol des oiseaux. Pour les qualités d'un propulseur, par exemple, il n'est pas rationnel de considérer les mouvements relatifs de l'air et du sol, qui sont des phénomènes indépendants de l'action exercée (2); il n'y a donc que deux sortes d'essais significatifs : 1° l'essai au point fixe dans l'air au repos, qui n'a qu'une valeur très relative, mais auquel on recourt fréquemment parce qu'il est beaucoup plus facile à exécuter; 2° l'essai du propulseur remorquant réellement une carène qui offre la même résistance que le navire aérien auquel il est destiné : seul cet essai donne la vitesse que prendra le navire.

Dans tout ceci, j'ai supposé que le courant était régulier. Mais les courants sont-ils réguliers? et, s'ils ne le sont pas, quelles sujétions en résulte-t-il pour le navire aérien?

(1) Je profite de cette remarque pour signaler le premier une erreur de ce genre, d'ailleurs sans conséquence, que j'ai commise dans mon Mémoire de 1893 (page 248, figure 15). Dans l'instant très court qui suit la variation de vitesse du vent, le dirigeable, en vertu de la vitesse acquise, tend à suivre l'élément AY de la trajectoire aérienne, et non l'élément XX' de la trajection projetée sur le sol. Le phénomène envisagé à ce passage de mon Mémoire est d'ailleurs complexe et très délicat à analyser.

(2) Je montrerai plus loin qu'entre autres critiques graves on peut faire ce reproche aux théories sur les propulseurs développées par le savant M. Marcel Deprez dans sa Communication du 24 janvier dernier à la Société.

Loi des vagues aériennes. — A terre, chacun de nous a constaté que les vents un peu forts sont toujours accompagnés de rafales. Leurs variations de vitesse ont alors une amplitude assez large et une grande fréquence : le professeur Langley, secrétaire du Smithsonian Institut et membre correspondant de l'Académie des Sciences, les a observées avec des anémomètres d'inertie aussi réduite que possible ; la figure 2 donne le diagramme d'une

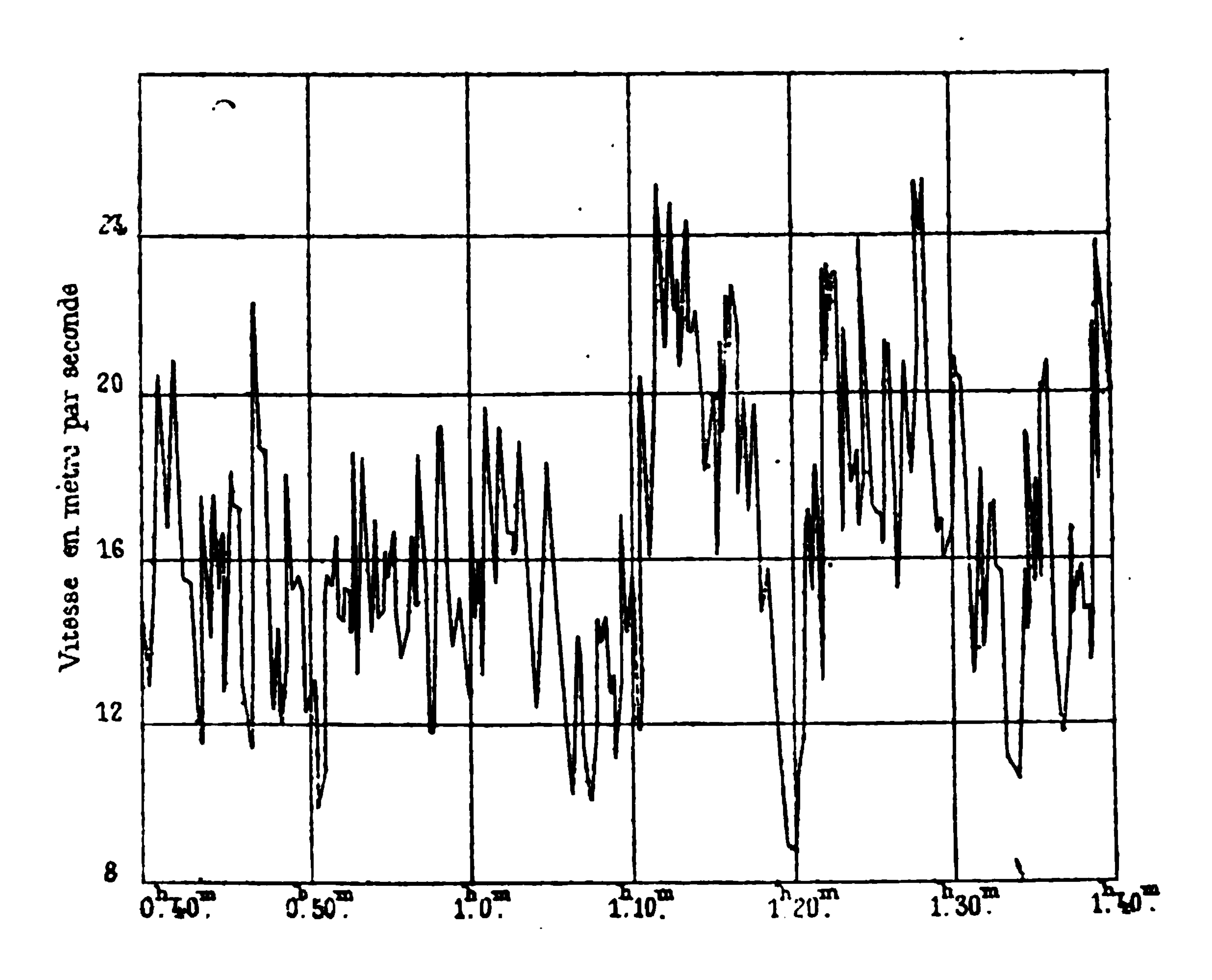


Fig. 2

de ces observations pour un vent moyen de 16 *m*, ce qui est un vent fort. Mais elles existent alors même que l'air semble tout à fait calme, et c'est ce qui explique, entre autres phénomènes, le continuel flottement des drapeaux. Leur cause — pas plus que celle des courants — n'est point, comme M. Langley semble l'admettre, dans les aspérités naturelles ou artificielles de la surface terrestre, mais surtout dans l'énergie solaire elle-même. Par exemple, l'interposition des nuages, l'irrégularité de la réflexion et de l'absorption de la chaleur solaire suivant l'état atmosphérique, suivant la nature de la surface chauffée, terres ou océans, vastes déserts ou terrains cultivés, toutes ces causes produisent des courants qui ne sauraient être réguliers, en raison même de la mobilité de l'air et de la diversité des effets produits.

Ainsi donc, les courants irréguliers existent aussi bien au sein de l'atmosphère qu'à la surface du sol. Mais il est évident que leurs irrégularités sont entretenues, amplifiées et répercutées par les aspérités de cette surface, et que, près d'un sol accidenté, elles défient toute étude, qu'elles n'obéissent à aucune loi. En est-il de même au-dessus de vastes étendues uniformes, comme les déserts et les océans, ou lorsqu'on s'élève au-dessus des bas-fonds de l'atmosphère? Telle est la question que je me suis posée, et que je crois avoir résolue.

Cette solution m'a été révélée par l'étude du vol à voile, qui avait déjà inspiré à divers auteurs, entre autres lord Rayleigh et Langley, de judicieuses réflexions sur les variations du vent. Rien de plus gracieux et de plus saisissant que ce genre de vol, pratiqué par certaines espèces, assez rares dans nos contrées. Les ailes *immobiles* et largement déployées, l'oiseau voilier s'enfonce doucement dans la masse atmosphérique, sans mouvements et sans efforts apparents, donnant le singulier spectacle d'un corps inerte qui se soutient dans l'air pendant des heures, en dépit de son poids, et qui s'y propulse..... sans propulseur. Quand il vole pour son plaisir ou qu'il chasse, il décrit des orbes elliptiques ; quand il voyage, par exemple lors des grandes migrations, il suit de longues trajectoires rectilignes, brisées par des crochets qui corrigent la déviation sur la direction générale qu'il veut suivre (*fig. 3*) : il s'élève alors très légèrement quand il parcourt les éléments AB, CD, pour compenser la perte de hauteur de ses glissements BC; d'ailleurs le voilier choisit toujours, pour les grandes migrations, un courant qui l'entraîne vers son but, de façon à abréger la durée de ces fatigants voyages.

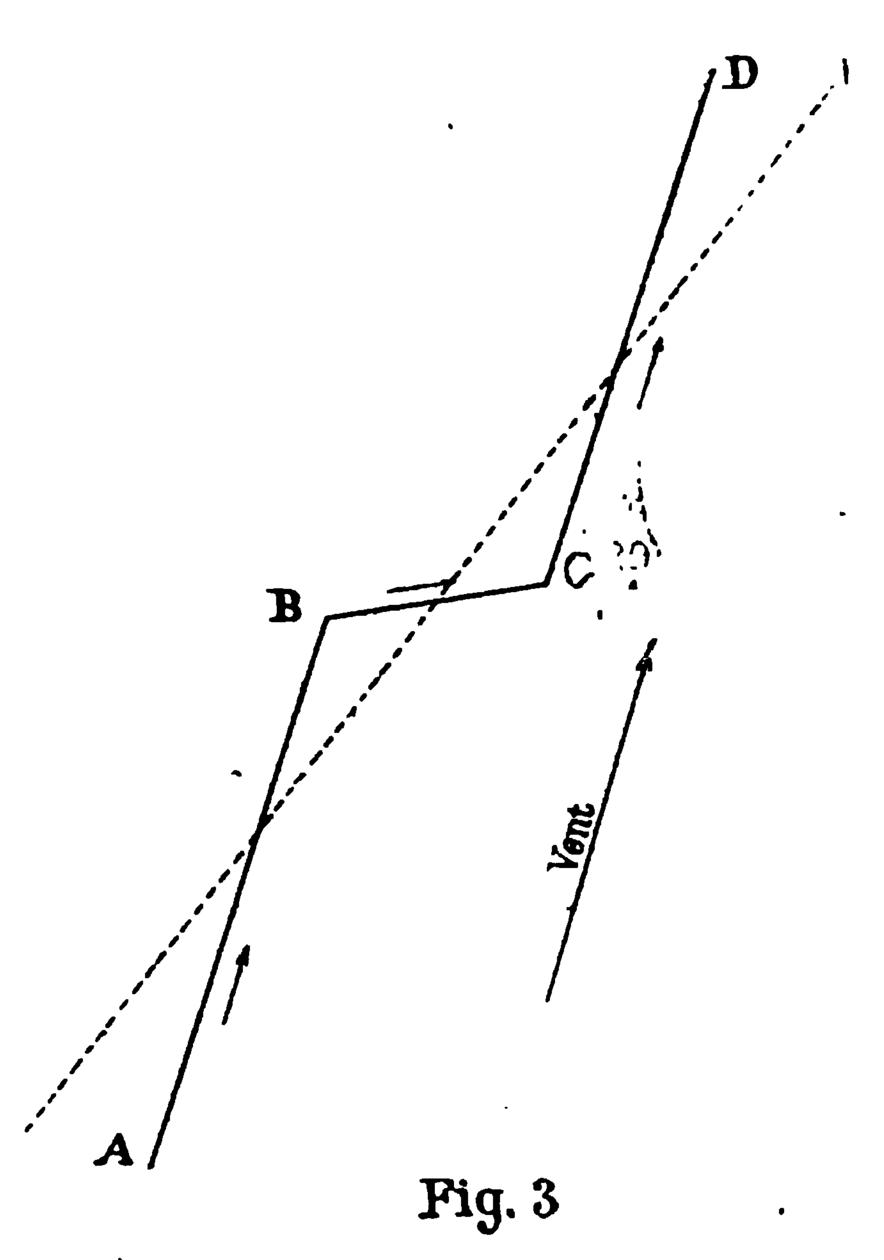


Fig. 3

Aucune des nombreuses théories qu'on avait données du vol à voile ne satisfaisait pleinement l'esprit : c'est ce que j'ai montré

dans divers articles de la *Revue Scientifique*, auxquels je dois, pour abréger, renvoyer ceux d'entre vous que la question intéresse (1).

En l'absence de tout battement d'ailes, le travail nécessaire à soutenir l'oiseau dans un courant *régulier* ne peut être fourni que par deux sources: la première est la force vive que le voilier a acquise par des manœuvres antérieures, telles que battements d'ailes ou chutes, et alors sa vitesse propre s'use rapidement; la seconde source est le travail qui résulte de sa chute dans le courant. Que ce soit la vitesse propre de l'oiseau qui s'use ou son altitude qui diminue, le vol à voile ne saurait être de quelque durée dans un courant régulier, à moins de supposer ce courant ascendant, de façon qu'il compense la perte de hauteur nécessaire à la conservation de la vitesse propre : c'est ce qu'avait parfaitement vu lord Rayleigh (2). Or l'hypothèse des courants ascendants, admise entre autres par un aviateur de grand talent, Alphonse Pénaud, prête à de sérieuses objections; non pas, certes, que ces courants n'existent point : mais ce sont forcément des courants *locaux*, et il est difficile de concevoir qu'ils se trouvent à la fois en tous les points du ciel où un même observateur peut voir évoluer des centaines de voiliers, comme en Égypte, ou sur toute la longueur du parcours effectué lors des grandes migrations. D'ailleurs, avec cette hypothèse, le vol à voile serait plus facile pour les espèces moyennes que pour les grandes espèces; en effet, les premières possèdent, par unité de poids, une surface alaire plus considérable que les secondes, et elles ont encore une masse suffisante pour ne pas prendre de suite la vitesse du courant : or, les voiliers appartiennent surtout aux espèces les plus grandes.

Il faut admettre alors que les courants sont soumis à de perpétuels mouvements internes, source d'énergie qu'utilisent les voiliers. Et quoi de plus logique que ces mouvements? Comment supposer que l'air se déplace au-dessus de nous d'un mouvement rigide, en bloc, alors qu'il est formé de molécules d'une extrême mobilité, qu'il est éminemment perméable à tous les mouvements extérieurs, qu'il est le siège d'actions calorifiques qui varient pour ainsi dire en chaque point de l'atmosphère? Un choc à l'extrémité d'une corde tendue produit des déplacements ondulatoires de tous ses points; le son détermine dans un tuyau d'orgue

(1) *Revue Scientifique*, 30 mars 1895, 6 avril 1895 et 2 avril 1898.

(2) *Natur*, 5 avril 1883.

des compressions et des dilatations alternatives de la colonne gazeuse; la matière impondérable elle-même est soumise à cette merveilleuse loi des ondes à vibrations transversales, découverte par Fresnel, et que mon regretté professeur Alfred Cornu considérait, « après les grands labeurs de Képler et de Newton, comme le plus extraordinaire effort de l'esprit humain (1) ». Alors que la matière pondérable ou impondérable est sans cesse en mouvement de molécule à molécule, comment ne pas admettre les mouvements internes de la masse atmosphérique?

La conception du déplacement en bloc nous vient de l'hypothèse faite en Mécanique appliquée pour la commodité des calculs, et, comme tout ce qui se trouve écrit dans les Cours, elle a pris peu à peu force de loi: cela prouve une fois de plus le danger de ne pas spécifier nettement les réserves que comportent les abstractions introduites dans l'enseignement.

Du reste, la notion des mouvements internes de l'air n'est pas une simple déduction doctrinale. J'ai trouvé dans les Mémoires du Congrès de Chicago une intéressante expérience de M. Hazen, faite à la suite du célèbre travail de M. Langley *the internal work of the wind* « le travail interne du vent ». M. Hazen suspendit à la nacelle d'un aérostat libre un fil à plomb et un ballonnet d'enfant dont la force ascensionnelle était moindre que celle de l'aérostat: ce ballonnet oscilla constamment par rapport au fil à plomb.

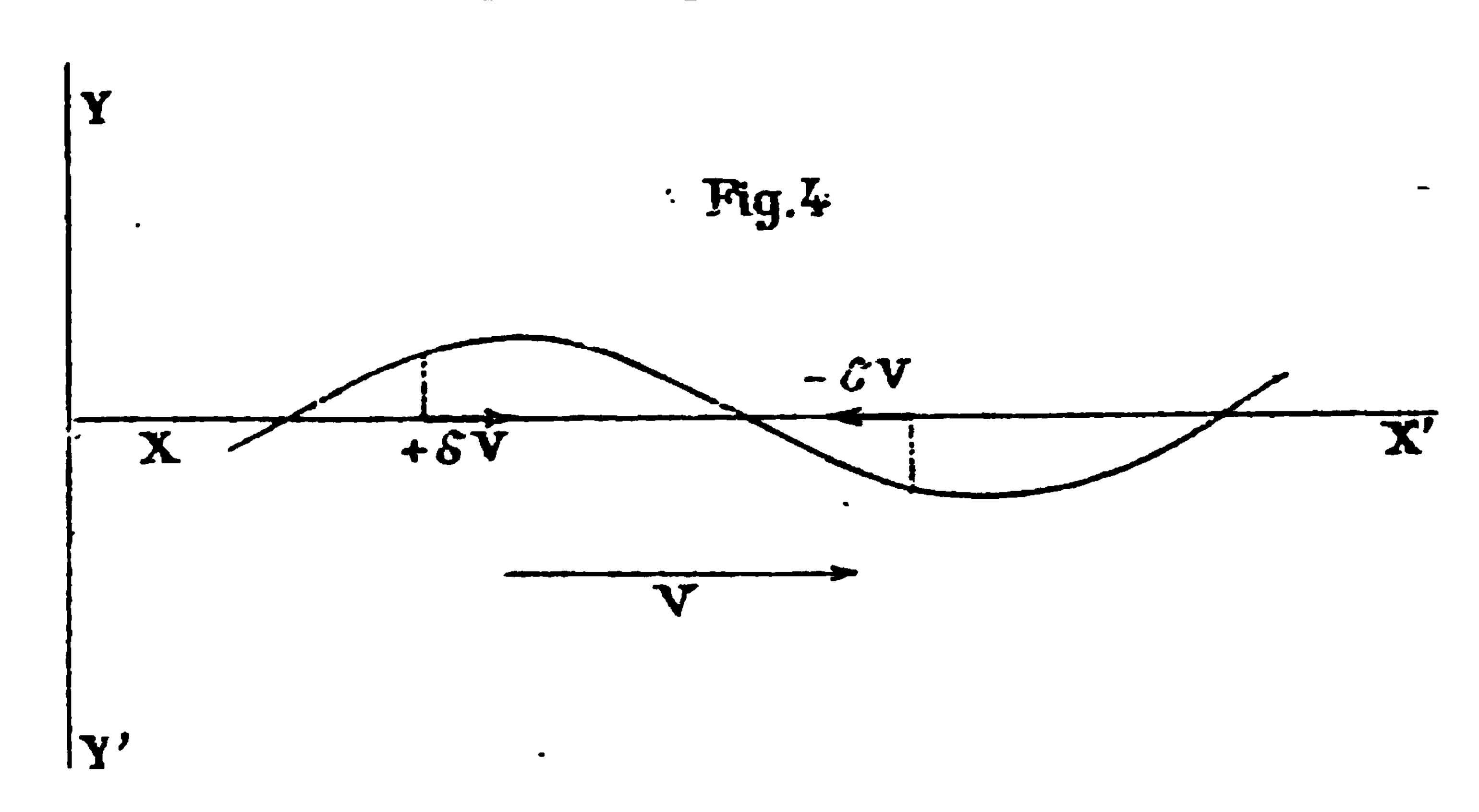
L'étude plus attentive du vol à voile, qui avait déjà éveillé chez quelques savants, entre autres M. Langley, cette notion du travail interne, m'a conduit à formuler les lois générales des mouvements, ou, pour mieux dire, des pulsations des courants.

Tout d'abord, tandis que ces pulsations sont forcément irrégulières près du sol et jusqu'à une certaine hauteur, il est nécessaire qu'elles se régularisent pour que le voilier puisse les utiliser. L'utilisation de mouvements heurtés supposerait en effet chez l'oiseau un instinct prodigieux, hors de proportion avec l'instinct des autres créatures, tandis qu'avec des pulsations régulières il suffit de supposer un balancement rythmé des ailes, moins complexe assurément que les foulées d'un cheval au galop, ou que les six temps de valse qu'arrive à exécuter, plus ou moins correctement, le moins instinctif des êtres animés. C'est pour

(1) *Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1896.

cela que le vol à voile se pratique dans les pays où les conditions climatériques sont les plus stables, où les aspérités du sol sont pour ainsi dire nulles, au-dessus des océans ou des vastes déserts; c'est pour cela que ce vol n'est possible ni par le calme plat, où les pulsations donnent une énergie trop minime, ni par les tempêtes, où l'atmosphère subit, jusqu'à de très grandes hauteurs, des rafales confuses, analogues à celles qu'on observe à terre : maints observateurs ont constaté que les plus fins voiliers sont littéralement roulés par les vents un peu forts. L'existence du rythme n'est-elle pas mise du reste en évidence par le balancement du voilier lui-même quand il décrit des orbes, s'abaissant ou s'élevant rigoureusement aux mêmes points?

Le vol à voile montre en outre que les pulsations se font suivant une direction générale. En effet si, dans les grandes migrations, le voilier décrit une trajectoire en crochets *(fig 3)*, c'est sans aucun doute par application du principe du moindre travail; c'est parce que, en parcourant les longues trajectoires



rectilignes AB, CD, il reçoit toujours les pulsations de telle sorte que ses deux ailes travaillent également, ce qui correspond au minimum de fatigue. Dès lors, il est logique d'admettre que la direction AB, CD est la direction générale de l'écoulement de l'air, provoqué par les causes thermiques dont j'ai parlé : autrement dit, les pulsations s'exercent dans le sens du courant.

J'ai montré qu'elles doivent être régulières à partir d'une certaine altitude. Cette régularité consiste, suivant moi, dans une double périodicité dans le temps et dans l'espace, de telle sorte que si XX' est la direction générale et V la vitesse moyenne de l'écoulement *(fig. 4)*, une molécule d'air, en même

temps qu'elle participe au déplacement général, se déplace sensiblement suivant V avec une vitesse propre δV, alternativement positive et négative, donnée par une loi de la forme :

$$\delta V = f(V) \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right),$$

t étant le temps, T et λ la durée et la longueur de la période, x la distance de la molécule à un plan YY' perpendiculaire à V qui est entraîné lui-même par le déplacement général. Telle est la théorie à laquelle je donne le nom de *théorie des vagues aériennes*. Il ne faudrait pas que cette expression éveillât en vous l'idée de vagues analogues à celles de la mer : c'est un vocable commode pour caractériser et synthétiser la double périodicité. Les pulsations δV, qui s'exercent suivant des droites XX' sensiblement parallèles à V, sont donc représentées, à un moment donné, par les ordonnées d'une sinusoïde.

L'oiseau oriente convenablement sa voilure quand il reçoit les pulsations qui augmentent l'effet sustentateur : sa vitesse propre diminue dans cette première phase ; puis, quand les pulsations changent de sens, il modifie cette orientation et se laisse glisser dans le courant, de façon à regagner la vitesse propre perdue : il arrive ainsi à conserver sa vitesse propre sans perdre de hauteur.

Role du vent et de ses variations dans la navigation aérienne. — Je ne conçois pas qu'on puisse imaginer un navire aérien susceptible d'utiliser ces pulsations, ainsi que savent le faire les voiliers : d'ailleurs, elles seraient tout à fait insuffisantes pour les lourdes charges que comportent les aéroplanes-navires. Quant aux effets perturbateurs qu'elles apportent à la stabilité, ils sont généralement minimes avec des pulsations régulières, tout au moins pour les aérostats. L'expérience de M. Hazen nous a montré, en effet, qu'elles avaient une action sur le ballonnet d'enfant suspendu à la nacelle, mais non sur le grand ballon, où les pulsations positives et les pulsations négatives se neutralisent presque complètement. Mais il n'en est plus de même quand elles sont violentes ou irrégulières, comme dans les rafales ou les sautes de vent. Supposons, par exemple, que la vitesse moyenne du courant V s'accroisse brusquement dans toute la masse qui baigne le navire, puis décroisse brusquement, et cela un certain nombre de fois. Le navire, en vertu de son

inertie, ne participe pas instantanément à ces variations $\pm u$, qui dès lors se composent avec la vitesse propre (*fig. 5*), de telle sorte qu'au lieu d'être frappé vent debout il est frappé alternativement à bâbord et à tribord. Comme les rafales augmentent avec la vitesse du vent et s'exercent sensiblement dans le même sens, on voit qu'alors la vitesse et la direction du vent interviennent dans le problème, non pas directement, mais en raison

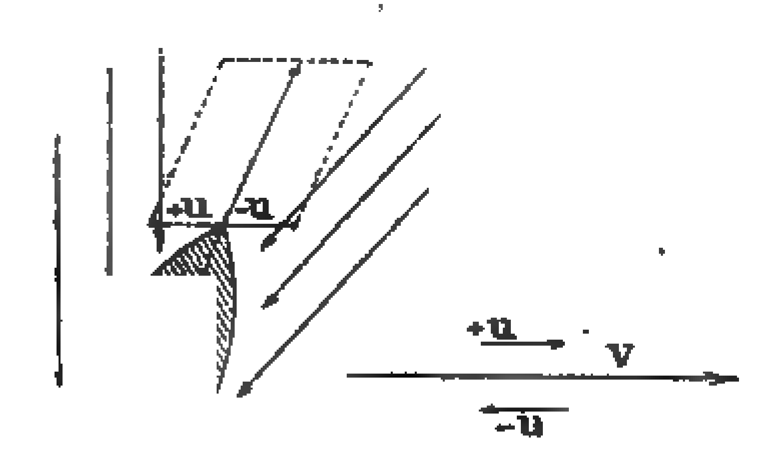


Fig. 5

des variations de la vitesse : on pourrait dire que le problème dépend, non pas de V, mais de sa différentielle dV.

La dirigeabilité du navire aérien est donc une propriété toute relative ; tel navire capable de se diriger par un vent de 5 *m* ne pourra le faire par un vent de 10 *m*, soit que sa *vitesse propre* ait une valeur inférieure à la vitesse moyenne du second courant, soit que sa *stabilité*, suffisante dans le premier cas, ne le soit plus avec les variations du courant de 10 *m*, surtout si elles affectent la forme de rafales.

On connaît assez bien, du moins pour nos contrées, la probabilité de la vitesse du vent jusqu'à l'altitude de 300 *m*, mais par contre on ignore tout à fait les causes et les lois des rafales, et tout ce qu'on peut en dire aujourd'hui, c'est que, près de terre, elles ne se produisent guère qu'avec de très grands vents ; j'ai tout lieu de croire qu'elles s'éteignent notablement aux altitudes élevées.

Voici la table de probabilité de la vitesse des vents établie par le colonel Renard, à l'aide d'un anémomètre enregistreur situé au-dessus du plateau de Châtillon, *à l'extrémité d'un mât de 28 m*.

VITESSE DU VENT		PROBABILITÉ, en millièmes, d'avoir un vent d'une vitesse plus faible que les nombres inscrits dans les colonnes précédentes	OBSERVATIONS
en m./s.	en km./h.		
2,50	9	109	D'après la 3e colonne, la probabilité d'avoir un vent inférieur à 40 m./s. ou 144 km./h. est égale à 1 000 millièmes. Cependant, exceptionnellement, on a observé des vents plus rapides. Sur 11 049 heures d'observations, on a constaté 1 fois un vent de 162 km./h., 2 fois un vent de 153 km./h. et 9 fois un vent de 144 km./h. ; ce sont des ouragans du sud-ouest, qui déracinent les arbres et endommagent les toitures.
5,00	18	323	
7,50	27	543	
10,00	36	708	
12,50	45	815	
15,00	54	886	
17,50	63	937	
20,00	72	963	
22,50	81	978	
25,00	90	986	
27,50	99	991	
30,00	108	995	
32,50	117	996	
35,00	126	998	
37,50	135	999	
40,00	144	1 000	
42,50	153	1 000	
45,00	162	1 000	

D'autre part, M. Angot a calculé qu'*à terre* la moyenne générale de la vitesse du vent, d'après les relevés du Bureau central météorologique pour une période de 101 jours, est de 2,24 *m*, les limites étant 1,50 *m* et 3,19 *m* pour la journée-type.

Mais ces valeurs augmentent dès qu'on s'élève au-dessus du sol, et les observations *au sommet de la Tour Eiffel* pendant la même période ont donné 7,05 *m* comme moyenne générale, 5,35 *m* et 8,75 *m* comme limites de la journée-type : les résultats ont sensiblement triplé, ce qui est d'accord avec quelques observations isolées faites en ballon, il y a une quarantaine d'années, par M. James Glaisher, directeur du service météorologique à l'Observatoire de Greenwich.

Les observations de M. Angot et celles du colonel Renard concordent bien, puisque les premières donnent 7 *m* pour la moyenne générale, à 300 *m* d'altitude, et que les secondes indiquent la même valeur pour la probabilité $^1/_2$. On peut donc admettre que, dès qu'on évolue au-dessus du fond de l'atmosphère jusqu'à

300 ou 400 *m*, la table ci-dessus donne des indications exactes. Les observations prolongées et systématiques manquent pour les altitudes plus élevées.

D'après cette table, un navire ayant une vitesse propre de 12,50 *m* et *aussi* une stabilité suffisante pour utiliser cette vitesse pourra évoluer dans tous les sens environ 8 fois sur 10, et, 7 fois sur 10, remonter le vent avec une vitesse de 2,50 *m*. En réalité, si l'on considère que les tempêtes ont le plus souvent des signes précurseurs et qu'on ne s'embarquera pas quand un vent violent est à craindre, on voit que la vitesse de 12,50 *m* permettra le libre transport par air dans la plupart des cas : telle est, à bon droit, la vitesse que le colonel Renard considère comme le desideratum à atteindre tout d'abord, pour le ballon dirigeable, avec une durée de trajet de dix à douze heures (1).

J'ai montré qu'en prévision des rafales le navire doit être établi dans des conditions de stabilité suffisantes. Mais les rafales ne sont pas les seules causes d'instabilité : il y en a d'autres, non moins dangereuses. C'est cette question de la stabilité que je vais examiner maintenant, en m'attachant surtout au ballon dirigeable, qui est le seul navire aérien immédiatement possible en l'état de la science. Je vous dirai aussi quelques mots de la stabilité des aéroplanes, et vous indiquerai les difficultés techniques considérables que présente la construction de ce genre de navires. Du reste, tandis que le ballon constitue toujours pour les passagers une bouée de sauvetage, un aéroplane désemparé est voué à une catastrophe certaine.

STABILITÉ DU BALLON DIRIGEABLE

Je ne crois pas qu'il soit utile de m'arrêter, devant des ingénieurs, aux arguments, plus subtils que profonds, qu'on a opposés à la possibilité de diriger les aérostats ; mais, par contre, ce serait réduire le problème à une trop simple expression que de penser, avec quelques contemporains : « Emportons le plus possible de force motrice, en nous adressant à un moteur ultra-léger qui fera tourner une ou plusieurs hélices. Allongeons

(1) Conférence sur la *Navigation aérienne* à la Société de secours des Amis des Sciences (8 avril 1886).

l'aérostat; munissons-le, à la rigueur, d'un ballonnet à air, pour suivre l'exemple de nos devanciers. Mettons un gouvernail à l'arrière, répartissons au mieux les charges sur l'enveloppe, et... vogue la galère ! » Certes, tout cela est nécessaire, mais un dirigeable aussi primitivement établi donnerait, même avec les plus légers moteurs que vous ayez créés, des résultats très médiocres, bien peu en rapport avec la puissance motrice emportée et avec les dépenses engagées; il ferait même courir aux aéronautes les plus sérieux dangers. On l'a bien vu dans les diverses expériences de ces dernières années, expériences qui, en cela du moins, comportent tout un enseignement (1).

C'est que l'allongement du ballon et l'emploi simultané d'une grande force motrice sont des armes à deux tranchants. Conditions nécessaires, entre certaines limites, pour obtenir un effet utile notable, elles impliquent elles-mêmes des conditions non moins nécessaires, dont l'inobservation compromet jusqu'à la sécurité du navire et de ses passagers.

Du ballonnet. — Tout d'abord, l'invariabilité de la forme du ballon ne procède pas seulement du désir d'éviter le ralentissement considérable dans la marche que produiraient des poches où viendrait s'engouffrer le vent dû à la vitesse propre. Il y autre chose de plus grave peut-être : aussitôt que l'étoffe n'est plus parfaitement tendue, la stabilité verticale est en jeu.

En effet, dès que s'incline l'axe d'un ballon incomplètement gonflé, — et nous verrons que de multiples causes peuvent produire cette inclinaison, — toute la masse gazeuse se porte vers la pointe la plus élevée, tendant à *relever complètement* l'aéronef *(fig. 6)*. En même temps, le courant créé par la marche forme une poche à l'avant, sous le ballon si la proue est relevée, sur le ballon si elle est abaissée; cette poche détermine une résistance oblique importante qui augmente le déversement, d'autant plus que la proue, surtout si le ballon est symétrique, présente au courant une surface beaucoup plus considérable que la poupe.

Ces diverses causes concourent donc à exagérer le mouvement de bascule initial, et le ballon se redresserait verticale-

(1) Les dangers que je signalais à la séance du 2 mai 1902 ne sont que trop réels. Dix jours après ma communication se produisait la terrible catastrophe du ballon *Pax*, où M. Severo et son aide, M. Saché, précipités d'une hauteur de 4 à 500 *m*, vinrent se broyer littéralement sur le sol. Il est à craindre, à en juger par certains autres projets aussi mal établis, que les noms de ces infortunés ne ferment pas la liste déjà longue des victimes de la navigation aérienne.

ment si ce redressement n'était enrayé par un moment stabilisateur proportionnel au poids P de la nacelle en charge.

Si le dégonflement est notable et que l'action du poids P ne soit pas suffisamment efficace, — ce qui arrive notamment avec les aérostats très allongés de faible volume, ou quand la nacelle n'est pas reliée au ballon de façon que l'ensemble forme, à tout instant, un bloc absolument rigide, — l'aéronef prendra une forte inclinaison, d'autant plus grande qu'il sera plus allongé : la vitesse tombera rapidement, tandis que le propulseur, conti-

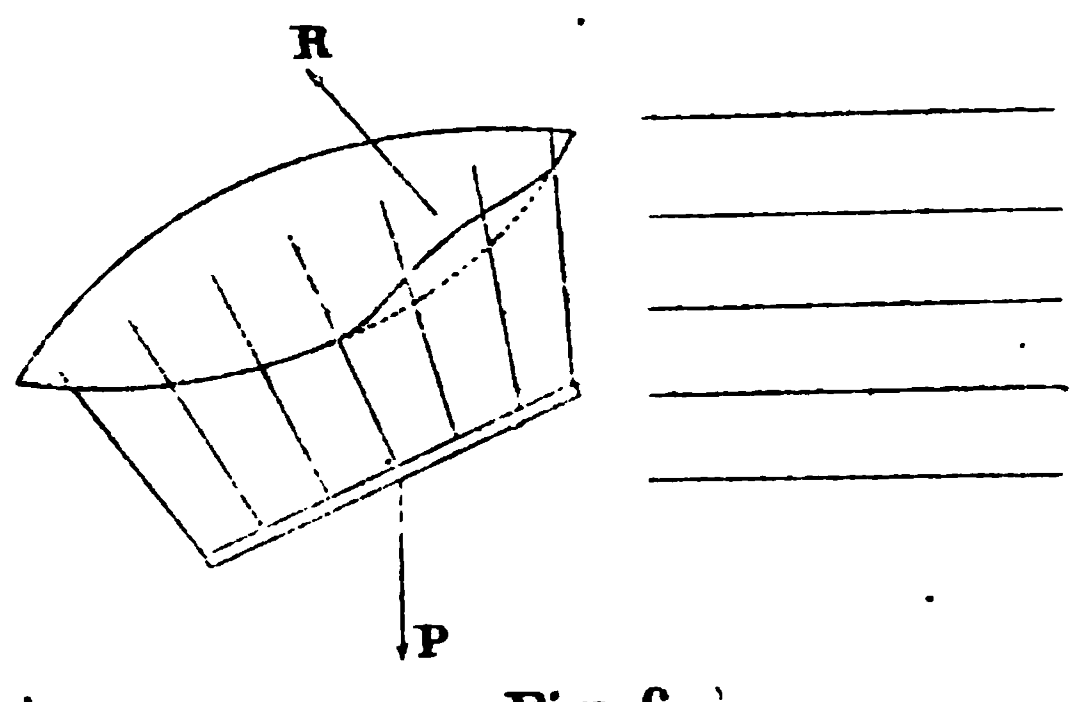


Fig. 6

nuant à exercer son action, pourra amener une catastrophe. Il est donc tout à fait essentiel de rendre de tels dégonflements impossibles, et, si l'on n'y parvient plus à un moment donné, il faut s'empresser d'arrêter l'hélice, sous peine de déchirer l'enveloppe : or, la déchirure, toujours redoutable dans un aérostat, est tout particulièrement à craindre dans un ballon dont la nacelle porte une machine susceptible d'enflammer l'hydrogène qui s'échappe, et de produire une explosion.

Si le dégonflement est faible, il se pourra que le déversement soit vite enrayé par l'action du poids P ; mais alors l'hydrogène, qui s'est porté vers la pointe la plus élevée, refluera, en vertu de son élasticité, vers la pointe opposée, qui se relèvera, et ainsi de suite : d'où une série d'oscillations, accompagnées de coups de bélier plus ou moins marqués, suivant l'allongement et l'importance du dégonflement. De telles perturbations rendront la tenue du navire tout à fait précaire.

Ainsi, *il faut arriver à obtenir un gonflement complet, permanent et absolument sûr*. Pour cela, il convient de recourir à la solution imaginée, il y a plus d'un siècle, par le général Meusnier,

dans un but d'ailleurs différent, à savoir le ballonnet à air. Le ballonnet est donc un organe de premier ordre, et il importe de ne pas l'établir à la légère. Son volume minimum doit être calculé avec soin, d'après la hauteur de la zone dans laquelle on veut évoluer et d'après la durée du voyage. J'ai montré (1) que le rapport de ce volume au volume total du ballon est :

$$\frac{v}{V} = 1 - \frac{p}{P},$$

$\frac{p}{P}$ étant le rapport entre la pression à l'altitude maximum et la pression à terre. On peut voir, d'après les tables barométriques, que la valeur $\frac{v}{V} = \frac{1}{10}$ correspond à une zone allant jusqu'à 860 *m*. D'autre part, pour un ballon sphérique de bonne construction, la perte d'hydrogène par exosmose est de 3 à 5 0/0 par vingt-quatre heures; pour un ballon dirigeable, dont la surface, à égalité de volume, est beaucoup plus grande, et dont l'étoffe travaille davantage, il est prudent de compter sur 10 0/0, soit en chiffres ronds, 1/2 0/0 par heure, à moins d'apporter des soins tout spéciaux à la composition de l'étoffe. Ayant ainsi calculé le volume minimum du ballonnet, il y aura lieu de le majorer assez largement, quelque crève-cœur qu'on ait à diminuer la force ascensionnelle dont on a si grand besoin par ailleurs. Pour moi, étant donnée l'importance toute particulière de l'organe, je ne le ferais pas inférieur au 1/6 du volume total pour un ballon devant évoluer jusqu'à 1 000 *m* pendant quelques heures. Et, à ce propos, je me permets de signaler sa petitesse ridicule, voire même son absence (2), dans quelques dirigeables actuellement en construction : il y a là un grave défaut qu'il importe de faire connaître, pour qu'on puisse le corriger dès maintenant et donner quelques chances de succès à des expériences auxquelles nous prenons tous un vif intérêt (3).

Le ballonnet étant calculé, on pourra le constituer, comme a fait très simplement Dupuy de Lôme, par une cloison qui s'applique sur la partie inférieure de l'enveloppe quand il est complètement dégonflé. Cela fait, il s'agit d'assurer son fonctionnement, sans aucun aléa.

Tout d'abord l'insufflation d'air doit être aussi rapide que les

(1) *Le problème de la direction des ballons*, *loc. cit.*, page 236.
(2) Tel était malheureusement le cas du ballon de M. Severo.
(3) J'apprends que le ballonnet d'un aéronef exposé l'an dernier a été notablement augmenté.

contractions de l'hydrogène. Ainsi, supposons que le ballon, qui est soumis à une perpétuelle instabilité en altitude, soit en descente à la vitesse de 2 *m* par seconde. L'augmentation relative de la pression donne la contraction par unité de volume, d'où l'on déduit la contraction totale de l'hydrogène; le débit du ventilateur doit être au moins égal à cette contraction totale. On conçoit donc la double nécessité d'avoir un débit suffisant pour une chute de vitesse donnée, et de veiller continuellement à ce que, dans ses mouvements verticaux, l'aérostat ne dépasse pas cette vitesse. Dans toutes les sorties du ballon *La France*, un des officiers à bord fut uniquement chargé de ce soin, et c'est une faute de remplacer les 75 ou 80 *kg* d'un observateur aussi indispensable par un poids égal de puissance motrice, à moins de trouver un appareil automatique sûr et plus léger qui remplisse la même fonction. Du reste, les déplacements verticaux, si on ne les enraie presque instantanément, se combinent avec la vitesse propre, de telle sorte que l'aérostat est frappé, non plus vent debout, mais obliquement, par-dessus ou par-dessous (*fig.* 7), ce qui accentue le tangage. D'autre part, on doit bien se garder, comme cela a été fait par M. Santos-Dumont, d'actionner le ventilateur par le moteur de l'hélice, puisqu'alors l'aérostat court le risque de se dégonfler dès qu'on ralentit.

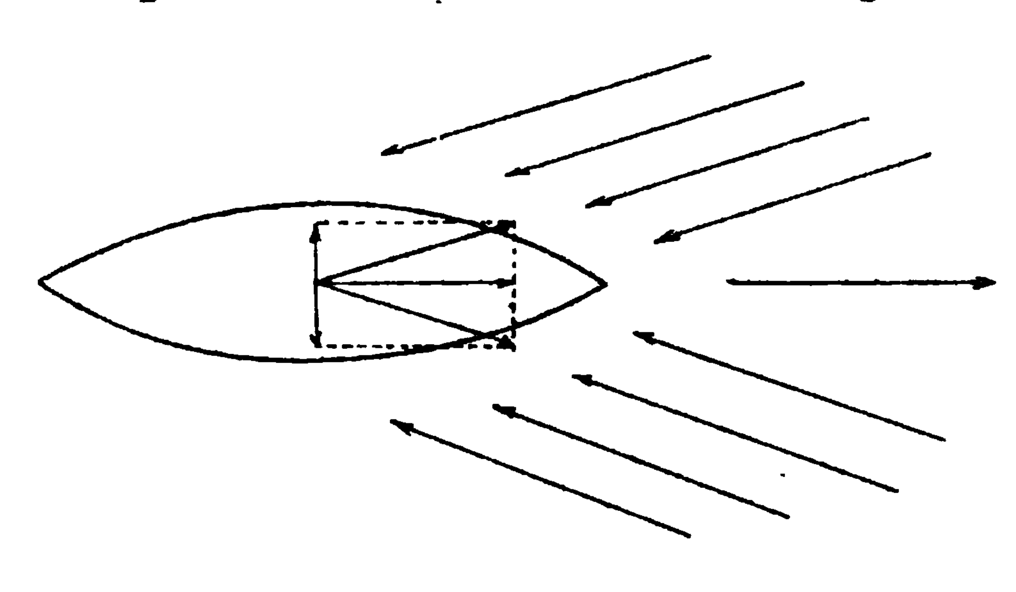


Fig. 7

Pour en terminer avec le ballonnet, j'ajoute qu'il doit être muni d'un clapet permettant l'échappement de l'air, tandis qu'un autre clapet permet l'échappement de l'hydrogène du ballon, mais seulement quand l'air est complètement chassé. Aux vitesses actuelles, ces clapets sont calés de façon à céder à une pression d'environ 20 *mm* d'eau, soit 2 *g* par centimètre carré pour le clapet à air, et de 30 *mm* pour le clapet à hydrogène. Les tensions qui en résultent sur l'étoffe sont dès lors minimes, et n'en compromettent pas la résistance. Les clapets peuvent être remplacés par de simples manches d'appendice ouvertes, dont la longueur même détermine la pression qui ferait céder le clapet équivalent.

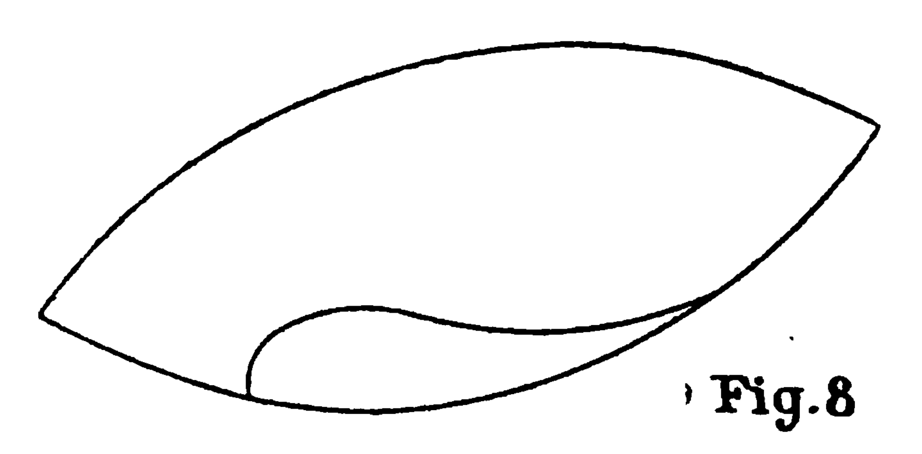
Un ballonnet ainsi installé permet d'éviter les poches et les

coups de bélier, si compromettants pour la marche et pour la sécurité; mais c'est une erreur, d'ailleurs assez répandue, de croire qu'il met à l'abri du tangage. Le dirigeable muni d'un ballonnet parfaitement établi, — seul cas que je considérerai dans tout ce qui va suivre, — ne saurait échapper complètement ni au tangage, ni au déversement, surtout si l'on maintient, avec les puissants moteurs actuels, les allongements adoptés, et si l'on s'en tient aux types expérimentés jusqu'ici. C'est ce que je vais indiquer.

Du tangage. — Tout d'abord, lors de la mise en marche de même qu'à toute variation de vitesse, la masse gazeuse est refoulée par inertie vers la proue ou vers la poupe; elle s'y comprime pour affluer ensuite vers la pointe opposée, en vertu de sa propre élasticité, et ainsi de suite : cette répétition, d'ailleurs momentanée, donne naissance à des sortes de vagues qui se promènent de la proue à la poupe, et qui tendent à s'éteindre dès que la vitesse se régularise.

Mais il se produit aussi dans le ballon des vagues *permanentes* dues, les unes à la présence même du ballonnet, les autres à de véritables pulsations de l'étoffe.

Parlons d'abord des premières. Le ballonnet n'est complètement plein ou complètement vide que dans des circonstances particulières, qu'il convient d'ailleurs d'éviter, puisqu'elles correspondent aux altitudes limites. Le ballon est donc généralement rempli de deux gaz, l'hydrogène et l'air, séparés par un diaphragme qui se déforme, avec le dispositif Dupuy de Lôme, de façon à accentuer le tangage aussitôt qu'il s'amorce. En effet, si le ballon lève la proue (*fig. 8*), l'hydrogène s'y porte en refoulant l'air vers la poupe. Lorsque, sous l'action du moment stabilisateur, l'oscillation change de sens et dépasse le point mort, l'hydrogène se porte à la poupe, chasse l'air vers la proue et produit l'effet contraire. Le ballonnet forme donc, au sein du ballon, un véritable pendule, avec cette circonstance aggravante que c'est un pendule à pivot mobile, pivot qui se déplace précisément de façon à amplifier les oscillations; on peut du reste imaginer des dispositifs qui n'aient pas ce dernier inconvénient.


Fig. 8

Parlons maintenant des pulsations de l'étoffe. C'est là un phénomène bien curieux, mis en lumière par le colonel Renard, et sur lequel je regrette de ne pouvoir m'étendre. Je veux du moins vous en indiquer la cause. Par construction, les sections du ballon parallèles au maître-couple sont généralement circulaires. Considérons une de ces sections *(fig. 9)* : en chaque point, l'étoffe est soumise à une tension t ou t_1 suivant que ce point se trouve dans la région qui porte le poids du filet et de la nacelle, ou dans la région non chargée. Or, les tensions de l'étoffe déforment la section circulaire, et le colonel Renard a montré que cette déformation obéit à la loi suivante : soit ρ le rayon de courbure de la section déformée en un point situé à une distance z au-dessus du plan d'égale pression, c'est-à-dire du plan

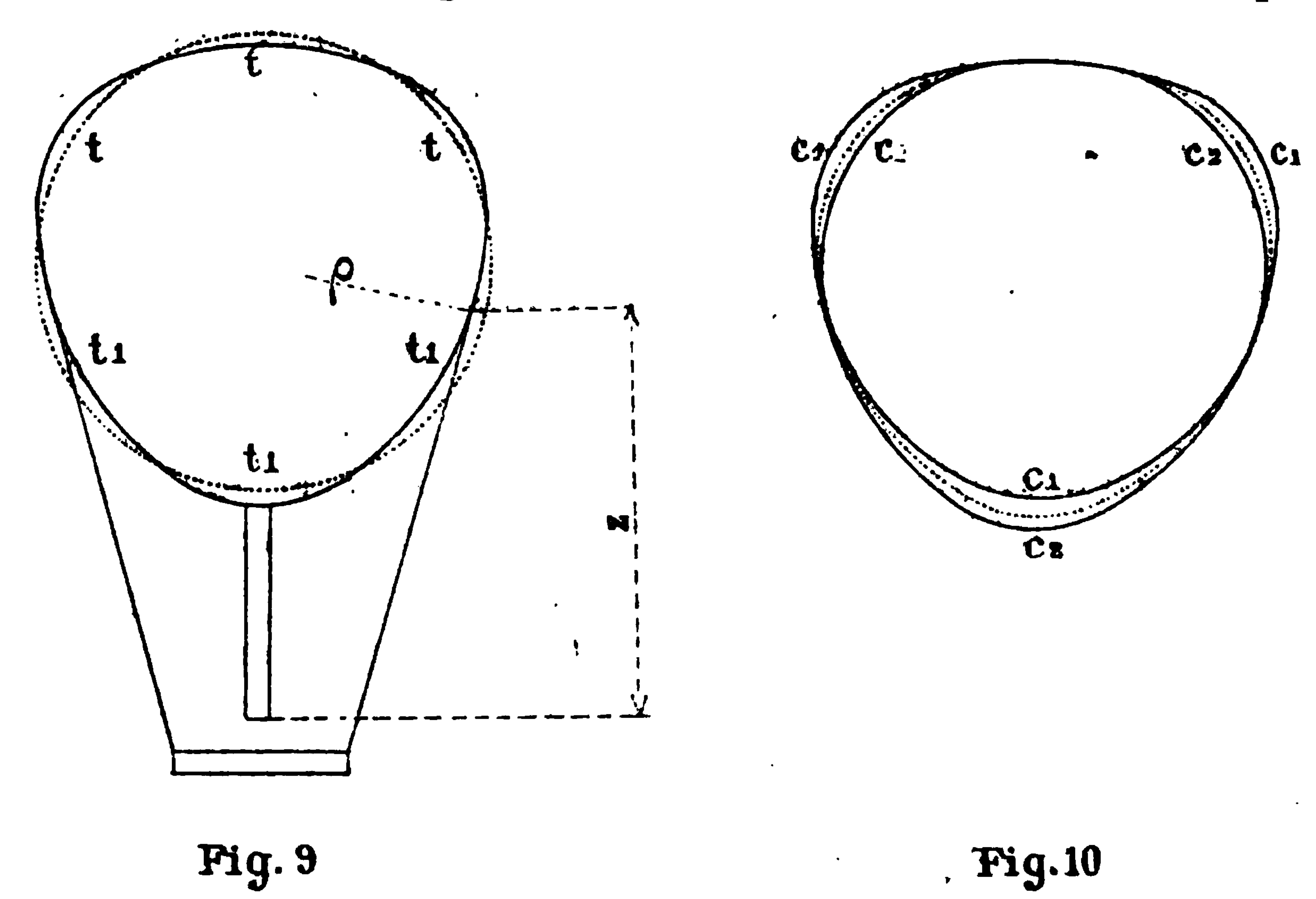


Fig. 9 Fig. 10

horizontal qui passe par l'extrémité inférieure de la manche d'appendice à hydrogène; on a la relation :

$$\rho z = t \text{ ou } t_1,$$

suivant que le point considéré se trouve dans la région chargée ou dans la région non chargée. Par conséquent, chaque section circulaire est déformée suivant une section ovoïde, la partie supérieure se trouvant élargie et la partie inférieure rétrécie.

Or, la courbure en chaque point est fonction de z; si donc le ballon est soumis à des oscillations verticales, z croît ou décroît, toutes choses égales d'ailleurs, suivant que la section considérée est dans la partie qui se relève ou dans la partie qui s'abaisse.

Chaque section variera donc (*fig. 10*) entre deux formes C_1 et C_2 par rapport à la forme C qui correspond au tangage nul, C_1 et C_2 étant d'autant plus éloignées l'une de l'autre que le tangage est plus marqué et que la distance de la section au maître-couple est plus grande. Ainsi l'enveloppe est soumise à de perpétuelles pulsations, tout comme la poitrine d'un être animé. Ces pulsations produisent des compressions et des dilatations, faibles mais continues, des 1 000 ou 2 000 m^3 d'hydrogène; la répétition de ces mouvements de flux et de reflux donne lieu à des vagues permanentes.

Pour limiter l'action perturbatrice de ces vagues, qui tout au moins entretiennent le tangage, il est nécessaire de recourir au procédé employé dans un autre but en Architecture navale : je veux parler du cloisonnement; mais on doit se borner ici à arrêter la propagation des vagues, sans provoquer de surpression dans quelques compartiments, ni de dépression dans d'autres. Le cloisonnement a été employé pour la première fois par le colonel Renard, en mettant à profit de remarquables propriétés mécaniques qui lient les déplacements de l'hydrogène et ceux de l'air du ballonnet. Il a été réalisé depuis, en 1900, par le comte Zeppelin, sous une forme très particulière, dans des essais qui, pour avoir échoué, n'en sont pas moins intéressants à bien des titres; en raison de son volume considérable, soit 11 300 m^3, le navire Zeppelin était formé d'un chapelet de 17 ballons indépendants, placés chacun dans les 17 compartiments correspondant aux membrures d'une carcasse métallique sur laquelle était tendue l'enveloppe extérieure, formant un long cylindre à extrémités ogivales (1). Tout récemment, M. Roze a divisé chacun des deux ballons de son appareil aviateur par des cloisons percées de clapets et de tubes ingénieusement disposés.

Le tangage se produit encore si le dirigeable, par suite de son instabilité en altitude, décrit une trajectoire légèrement sinusoïdale sur la trajectoire rectiligne qu'il devrait suivre : alors, en effet, la vitesse de ces montées et de ces descentes se combine avec la vitesse propre, comme il a été dit plus haut. L'aéronaute chargé de surveiller les mouvements verticaux doit donc s'attacher à les enrayer immédiatement, sans qu'il se produise d'oscillations sensibles.

Enfin, on a quelquefois attribué le tangage à ce fait que, dans

(1) La description de ce navire se trouve dans la *Chronique 200* (Bulletin d'août 1901) de notre distingué Collègue M. A. Mallet.

la plupart des dirigeables construits jusqu'à ce jour, l'arbre de l'hélice, placé sur la poutre armée qui constitue la nacelle, est notablement au-dessous du centre de résistance. Tel n'est pas le rôle prépondérant de cette excentricité. Tout d'abord, il convient de remarquer que la résistance des suspentes et de la nacelle constitue une partie notable de la résistance totale, de telle sorte que le centre de résistance est beaucoup plus bas qu'on ne le suppose d'ordinaire. C'est ainsi que Dupuy de Lôme évaluait la résistance du ballon de son dirigeable au 1/3 de la résistance totale, et la résistance des suspentes et de la nacelle aux 2/3 (1) ; cette remarque suffit à juger les tentatives faites pour placer l'hélice dans l'axe du ballon : on change tout simplement le sens de l'excentricité, mais on ne l'annule pas ! D'autre part, pour une vitesse propre donnée, l'excentricité de l'arbre produit (*fig. 11*) un déversement *permanent* δ ; seules, les *variations de vitesse* donneraient un mouvement de tangage qui, aux vitesses pratiquées jusqu'ici, serait insignifiant par rapport à celui que provoquent et entretiennent les causes autrement importantes que je viens d'analyser. A des vitesses supérieures, l'excentricité jouera un rôle beaucoup plus néfaste, que j'examinerai tout à l'heure.

Au cours de cette rapide étude des principales causes de tangage, je vous ai indiqué quelques dispositifs pour en limiter l'amplitude. Toutes choses égales d'ailleurs, cette amplitude croît avec l'allongement du ballon. Il convient donc de ne pas dépasser un certain allongement, et celui de 6, adopté par MM. Renard et Krebs en prenant de minutieuses précautions, ne paraît pas devoir être utilement dépassé, à moins de prendre des dispositions nouvelles; d'ailleurs on sait que, pour un cube et une vitesse donnés, la résistance à l'avancement des ballons fusiformes ne diminue pas indéfiniment avec l'allongement, à cause du frottement de l'air sur l'étoffe. Je montrerai même qu'à de grandes vitesses il y aura lieu de réduire les allongements actuels, à moins qu'on ne recoure à des précautions toutes spéciales.

D'autre part, la résistance de l'air sur le ballon proprement dit a son point d'application à l'avant, et, quand le navire s'incline, cette résistance reste à l'avant, en prenant une position

(1) *Le problème de la direction des ballons*, loc. cit., page 264.

oblique qui tend à exagérer l'inclinaison : il importe de la combattre en augmentant la résistance sur la poupe inclinée. C'était surtout dans ce but que MM. Renard et Krebs avaient donné à leur dirigeable la forme d'un cigare à longue poupe, et avaient placé un gouvernail horizontal à l'arrière de leur nacelle. L'un et l'autre de ces dispositifs sont réalisés chez l'oiseau, dont on admire d'autant plus les organes qu'on les étudie davantage. Je reviendrai plus loin sur ces questions quand j'étudierai le déversement aux grandes vitesses, où elles prennent une importance encore plus marquée.

Il faut en outre que l'ensemble du navire, ballon, nacelle et filet, forme un bloc rigide, afin que le tangage n'altère pas les positions relatives des divers organes, que toute oscillation du ballon entraîne au contraire celle de la nacelle, et mette immédiatement en jeu le moment stabilisateur avec le maximum d'intensité. D'ailleurs la rigidité de la suspension est un facteur important de la bonne répartition du poids sur l'étoffe, qui fatiguerait beaucoup sans cette rigidité. Elle assure aussi la régularité de la marche; sans elle, en effet, le ballon proprement dit, soumis à une résistance qui varierait à chaque instant, tendrait à prendre une vitesse d'allure sinusoïdale, tandis que la nacelle, en raison de sa plus grande masse, aurait une vitesse sensiblement constante. Je vous ai montré autrefois comment Dupuy de Lôme, par l'emploi de réseaux triangulaires, indéformables tant que les oscillations restent entre certaines limites, avait donné une élégante solution du problème de la rigidité, en employant de simples cordelettes. Avec des ballons très allongés, comme *la France*, il a fallu modifier complètement la suspension de Dupuy de Lôme, tout en en conservant le principe.

Vous voyez à quelles précautions multiples on est tenu pour ne pas dépasser un tangage de quelques degrés. D'ailleurs, tous les dispositifs que je viens d'indiquer limitent les effets perturbateurs, mais ne les détruisent pas. C'est par une application judicieuse de ces divers dispositifs que les officiers de Chalais sont parvenus à avoir un tangage à la fois très faible et très lent: en effet, dans les différentes sorties du ballon *la France*, avec des vitesses de 6 *m* à 6,50 *m*, *les oscillations n'ont pas dépassé 3° au-dessus ou au-dessous de l'horizon.*

Je voudrais, Messieurs, terminer ces considérations sur le tangage, en attirant votre attention sur le rôle prépondérant qu'y jouent les mouvements pendulaires; vous avez même vu, par

la théorie des vagues aériennes, que ces mouvements interviennent jusque dans les déplacements de l'atmosphère. Qui de vous pourrait s'en étonner? Les lois ondulatoires ne constituent-elles pas, comme je le rappelais il y a un instant, le fond même de toutes les théories de la transmission de l'énergie, sous ses formes les plus diverses? et l'ingénieur ne les trouve-t-il pas, en dernière analyse, dans toutes les perturbations subies par les machines en mouvement, comme nous venons de les trouver dans les perturbations apportées à la tenue des ballons, dès qu'ils sont animés d'une vitesse propre? C'est ainsi que la locomotive, qui pourrait sembler à l'observateur superficiel devoir èchapper, par sa masse et la rigidité de la voie, tout au moins aux mouvements de tangage, subit la loi commune; la répartition des poids, qui ne saurait être rigoureusement parfaite, la fréquence des joints des rails, etc..., l'anime d'oscillations verticales dont les effets destructeurs sont bien connus des ingénieurs de la traction et des ingénieurs de la voie. J'imagine qu'à certains moments les tractionnistes ont dû envier la voie idéale que semble être la route aérienne, tandis qu'au contraire l'apparente rigidité des voies ferrées sera enviée par plus d'un aéronaute, quand il verra son navire prendre un tangage et une inclinaison contre lesquels il le croyait prémuni.

Du déversement. — J'ai dit que l'excentricité de l'arbre de l'hélice par rapport au centre de résistance n'a pas d'effet fâcheux aux vitesses pratiquées jusqu'ici, mais qu'il n'en sera plus de même dès qu'il s'agira d'obtenir les vitesses de 15 *m* et plus que permettront les progrès accomplis dans la légèreté des moteurs. C'est ce que j'avais montré dès 1893 (1); mais il importe, aujourd'hui qu'on est peu éloigné de cette phase de la navigation aérienne, de revenir, pour la compléter, sur cette importante question.

Quand on met le moteur en marche, le système *(fig. 11)* s'incline, sous l'effort de traction T de l'hélice, d'un angle δ tel que :

$$Te = Pd \sin \delta,$$

e étant l'excentricité, P le poids de la nacelle en charge, d la distance entre les points d'application de P et de la force ascensionnelle. $Pd \sin \delta$ est le couple de rappel; Pd est une constante,

(1) *Le problème de la direction des ballons*, loc. cit., page 269.

pour un dirigeable déterminé : cette constante est une caractéristique importante des qualités nautiques des dirigeables; on la désigne sous le nom de *moment stabilisateur*.

Le déversement δ est tout autre chose que le tangage, qui consiste en oscillations autour de δ; le tangage est une sorte de différentielle du déversement.

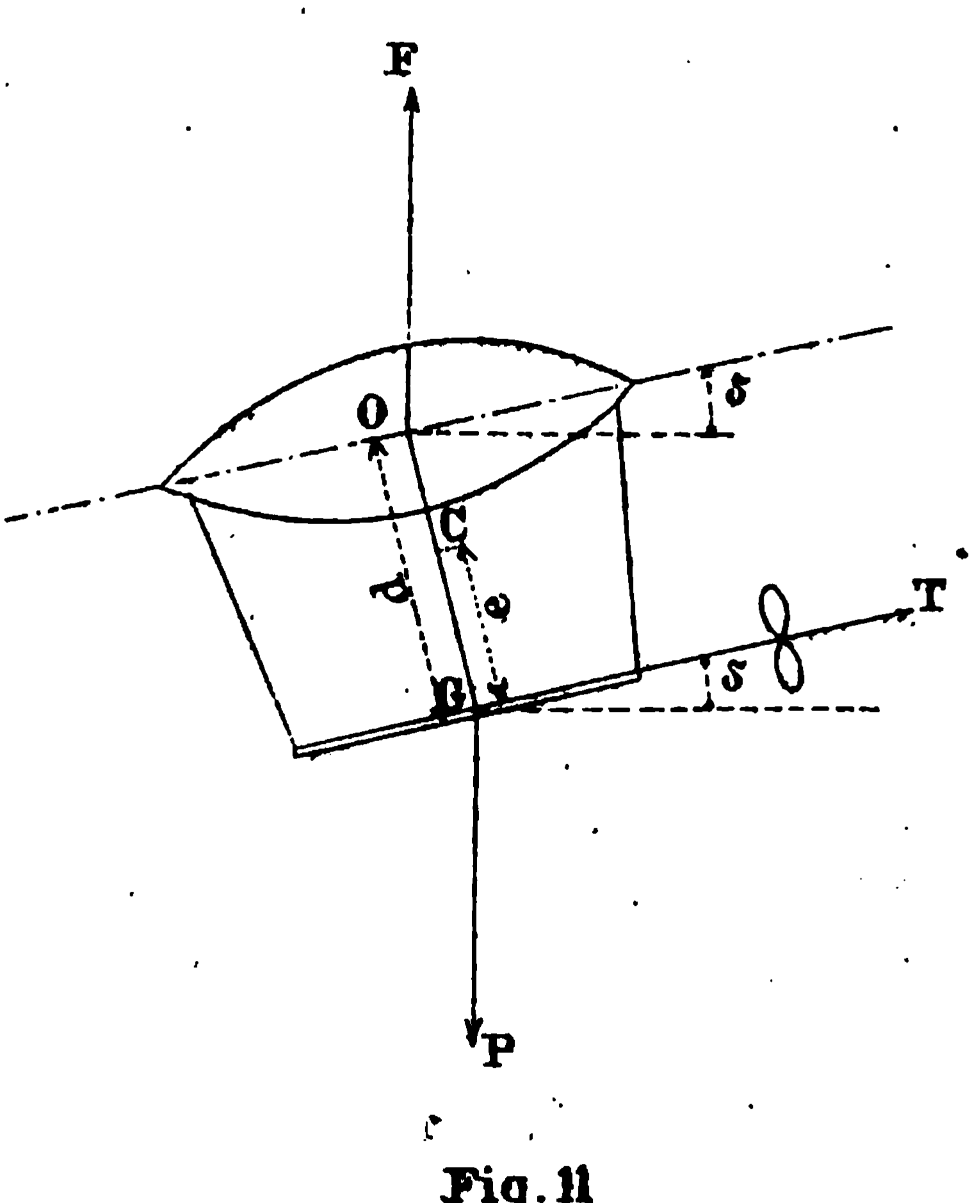


Fig. 11

De l'équation précédente on tire :

$$\sin \delta = \frac{Te}{Pd}.$$

Or, dans les ballons expérimentés jusqu'à ces dernières années, la valeur de δ était très petite en raison de ce double fait que, d'une part, le rapport $\rho = \frac{e}{d}$ n'est pas très élevé, puisque les suspentes et la nacelle entrent pour une fraction importante dans la résistance totale, et que, d'autre part, la traction n'avait pas une grande valeur.

Tant que le fuseau que forme le ballon proprement dit se déplace sensiblement suivant son axe, c'est-à-dire *tant que le déversement et le tangage sont très peu accusés*, le travail est sensiblement proportionnel à la surface σ du maître-bau et au cube v^3 de la vitesse propre ; la traction T est donc proportionnelle à σv^2

P est proportionnel au volume du ballon, c'est-à-dire à $\lambda\sigma^{\frac{3}{2}}$, λ étant une quantité qui, pour un type de ballon déterminé, varie dans le même sens que l'allongement, et que nous pouvons, comme première approximation, considérer comme proportionnelle à cet allongement. Par suite, on a :

$$\delta = \mathrm{K}\,\frac{\lambda\rho v^2}{\sigma^{\frac{1}{2}}}, \qquad (a)$$

K étant une constante.

Si donc on fait croître progressivement la vitesse propre d'un

dirigeable donné, le déversement commence par être proportionnel à v^2. Ainsi, Dupuy de Lôme évaluait à un demi-degré environ le déversement de son dirigeable à la vitesse de **2,22** *m*; pour 6,50 *m*, vitesse à peu près triple obtenue depuis par MM. Renard et Krebs, la formule ci-dessus donne un déversement de 4° 1/2 environ. En réalité, le déversement du *Dupuy-de-Lôme* eût été plus fort, car la proportionnalité n'existe approximativement qu'autant que les restrictions énoncées sont satisfaites. Dès qu'elles ne le sont plus, T n'est pas proportionnel à σv^2; pour une vitesse déterminée, il est égal à la projection sur l'arbre de l'hélice de la résistance opposée à la marche du navire; cette résistance comprend alors, comme terme principal, la résistance à la marche du ballon proprement dit, qui croît très vite avec son inclinaison, fonction elle-même de la vitesse et de l'allongement (1). Il en résulte que le coefficient K de (a) ne peut plus être considéré comme une constante: c'est une fonction de λ et de v, telle que le déversement croît un peu plus vite que v^2 aux faibles vitesses, et que, à partir d'une certaine valeur, il prend une progression exponentielle rapide. Autrement dit, la courbe $\delta = f(v)$, tangente à la parabole $\delta = mv^2$ au point $v = 0$, en reste assez rapprochée dans une région allant de $v = 0$ à $v = a$, pour s'en éloigner très rapidement à partir de $v = b$.

Tant que le déversement est faible, il est facile de le corriger en donnant au ballon au repos une inclinaison $-\delta$ égale et de sens contraire à la valeur du déversement qui correspond à sa vitesse normale. Cette valeur se déterminera expérimentalement par une pesée préliminaire non pas à la corde, comme on fait d'ordinaire, mais en marche; il suffira de modifier la répartition des charges sur la nacelle pour obtenir la correction

(1) A ce sujet, je ferai remarquer que ma formule :

$$\frac{R_i}{R_0} = 1 + \lambda^2 \sin^2 \frac{i}{2},$$

pour évaluer approximativement la résistance R_i d'un ballon symétrique déversé de l'angle i, ne s'applique qu'aux petites inclinaisons, ainsi que je l'ai expressément indiqué dans mon Mémoire de 1893 (page 268). C'est donc à tort que M. Armengaud s'en est servi pour évaluer la résistance du *Santos-Dumont n° 6* sous une inclinaison de 14°, et pour en déduire une indication sur la vitesse de ce navire. On voit de même, par les considérations développées ici, qu'il est tout à fait inexact de déduire cette vitesse de celle du ballon de Chalais par la formule :

$$\frac{v'}{v} = \sqrt[3]{\frac{\mathfrak{T}'}{\mathfrak{T}} \cdot \frac{\sigma^2}{\sigma'^2}}.$$

Les phénomènes de tangage et de déversement, dès qu'ils sont accusés (et c'était le cas), bouleversent toutes ces formules.

initiale voulue. De la sorte, à l'allure de régime, l'axe du ballon et l'arbre de l'hélice seront horizontaux. Ainsi donc, aux faibles vitesses réalisées jusqu'ici, il était bien inutile, et l'on pouvait même considérer comme une faute, de compliquer la construction pour relever l'hélice, ce qui ne va pas sans des sujétions sérieuses dans le gréement, dans la disposition des suspentes etc... D'ailleurs, le centre de résistance n'est pas un point fixe; il se déplace avec le déversement et le tangage.

Il n'en irait plus de même avec des déversements importants: en effet, l'effort de traction tendrait bien à ramener l'angle — δ vers zéro, mais, par contre, la résistance à la marche sur le ballon incliné tendrait, comme nous l'avons vu, à augmenter l'inclinaison initiale; or, pour une valeur un peu forte de — δ, cette dernière action serait prépondérante, avec des dirigeables du type imaginé jusqu'ici, de sorte que la correction deviendrait non seulement illusoire, mais encore dangereuse.

Il existe donc, pour ces dirigeables, un *déversement critique* Δ, *au delà duquel l'inclinaison du ballon s'exagère très rapidement*. Cette valeur est d'autant plus vite atteinte que le ballon cube moins, qu'il est plus allongé, que sa proue est plus courte, que le rapport ρ est plus élevé, et qu'enfin le moteur est plus puissant. Inversement, il existe une *vitesse critique* V qu'on ne peut pratiquement atteindre, et, conséquemment, une limite pratique, inférieure à V, compatible avec la bonne tenue d'un navire donné et la sécurité des passagers. Cette *limite pratique* est d'autant plus élevée que le ballon cube davantage, que son allongement est moindre, que la résistance à l'arrière sur le ballon incliné contrebalance mieux la résistance à l'avant par l'allongement de la poupe et l'adjonction de plans directeurs horizontaux à l'arrière, et qu'enfin le rapport ρ est plus faible. Ainsi s'accuse ce que j'ai déjà dit en étudiant le tangage au sujet du danger des grands allongements et des fortes puissances motrices, armes à deux tranchants qu'il ne faut pas employer à l'aveuglette.

Pour maintenir le déversement aux grandes puissances motrices dans les limites compatibles avec la bonne tenue du navire, *il faut donc déterminer les formes et les dispositions générales d'après ces puissances*, sans quoi, à partir de la limite ci-dessus, la puissance ne sera plus utilisée qu'au profit du déversement, sans augmentation appréciable de la vitesse. La forme en cigare du ballon de Chalais et l'adjonction d'un plan horizontal, de dimensions d'ailleurs un peu faibles dans le dirigeable *la France*,

ne seront plus suffisants, surtout si on laisse l'arbre dans la nacelle. Il conviendra de recourir à d'autres dispositifs dont le premier sera de diminuer le rapport ρ : j'avais montré, dès 1893, qu'il serait nécessaire de faire passer l'arbre de l'hélice par la position moyenne du centre de résistance, le jour où l'on aurait suffisamment réduit le poids par cheval pour espérer légitimement des vitesses élevées. Or il semble que ce jour ne soit pas éloigné.

Pour réaliser pratiquement cette condition, il ne sera nullement nécessaire de constituer la suspension avec des matériaux rigides; on pourrait revenir, par exemple, à la quille du premier ballon Giffard, qui servirait de support à l'arbre de l'hélice, mais à la condition toutefois d'assurer la rigidité de la suspension funiculaire qui va de la quille au ballon, et de la suspension qui va de la nacelle à la quille; il en résulterait peut-être une distance un peu grande entre le ballon et la nacelle, ce qui ne serait pas un mal, tant au point de vue de la stabilité que de la sécurité. Mais il y a mieux : l'extrémité de la poupe, en raison de sa forme allongée dans le sens de la marche, ne détermine qu'une réaction de l'air sensiblement proportionnelle au carré du sinus de l'angle d'incidence, et, par suite, s'oppose peu au déversement; l'action d'une queue, proportionnelle au sinus de cet angle, serait infiniment plus efficace, d'autant plus qu'on pourrait lui donner un grand bras de levier (1) : à la place de cette queue, on emploiera plus utilement une voilure suffisamment développée à l'arrière, dont la carcasse même supportera l'arbre de l'hélice et les transmissions de mouvement. On aura ainsi le dispositif représenté schématiquement par la figure 33.

S'il n'y avait pas le tangage et surtout le déversement, on pourrait dire que, dans des dirigeables du type Dupuy de Lôme, la puissance nécessaire pour obtenir une vitesse propre v est proportionnelle à v^3, de sorte que, pour doubler la vitesse, il faudrait avoir une puissance 8 fois plus grande. S'il en était ainsi, en prenant le ballon *la France*, dont la vitesse propre était de 6,50 *m*, il suffirait de remplacer l'ancien moteur par un moteur donnant une puissance 8 fois plus grande sous le même poids, autrement dit 8 fois plus léger, pour atteindre la vitesse de 13 *m* : or les progrès accomplis depuis 1885 dans les moteurs permettent d'opérer dès maintenant cette substitution, puisque, par cheval disponible

(1) Voir, à ce sujet, ce qui est dit plus loin (page 576) sur l'Aérodynamique du plan, et sur celle du cylindre allongé dans le sens de la marche.

sur l'arbre, la pile du colonel Renard pesait 44 *kg* (25 *kg* par cheval-heure), et la dynamo 12,5 *kg*, au total 56,5 *kg*. Si une telle application, qui n'eût pas manqué d'être sensationnelle, n'a pas encore été faite, c'est que *le grand allongement du ballon et l'excentricité de l'hélice la rendent tout à fait impossible pour un ballon de ce type* : en actionnant l'hélice de *la France* avec un pareil moteur de 70 *ch* environ, on ne parviendrait qu'à incliner fortement le navire, ce qui réduirait immédiatement, dans d'énormes proportions, la vitesse de 13 *m* ci-dessus calculée. En fait, des expériences toutes récentes du colonel Renard sur cette importante question assignent à son dirigeable une vitesse critique voisine de 9 *m* et, par suite, une vitesse pratique de 8,50 *m* au plus.

Il est donc très désirable, au point de vue de la technique du ballon dirigeable, qu'il soit fait des expériences systématiques sur le déversement et sur la résistance à l'avancement des carènes fusiformes, en ne s'en tenant pas, comme l'ont fait jusqu'ici les expérimentateurs, à évaluer la valeur du coefficient K de la formule $R = K \sigma v^2$ relative à l'avancement de la carène suivant son axe : cette mesure n'est qu'un côté, et le moins important, de l'étude des carènes. Les expériences d'Aérodynamique que se propose de faire la Commission dont je parlerai plus loin, si elle en a les moyens, devront porter notamment sur ces recherches techniques.

En l'absence de telles expériences, nous pouvons, mais seulement à titre d'indication, nous servir de la formule (*a*) pour évaluer la vitesse critique d'un navire type *la France* par rapport à celle d'un navire de la même famille : en effet, au-dessous de la vitesse critique, le déversement croît approximativement comme v^2, de telle sorte que K varie peu avec la vitesse ; on peut donc admettre qu'en prenant le *rapport* $\frac{\delta}{\delta'}$ les coefficients K et K′ s'éliminent, et qu'il en est ainsi, en particulier, du rapport $\frac{\Delta}{\Delta'}$ des déversements critiques.

Or, on a : $$\frac{\Delta}{\Delta'} = \frac{\lambda}{\lambda'} \frac{\rho}{\rho'} \left(\frac{\sigma'}{\sigma}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{V}{V'}\right)^2.$$

Le rapport des vitesses critiques est donné sensiblement par la relation $\Delta = \Delta'$, d'où :

$$\left(\frac{V}{V'}\right)^2 = \frac{\lambda'}{\lambda} \frac{\rho'}{\rho} \left(\frac{\sigma}{\sigma'}\right)^{\frac{1}{2}},$$

Ainsi, comparons les dirigeables *la France* et *Santos-Dumont n° 6*, dans lesquels les positions relatives du ballon et de la nacelle sont identiques, ainsi que le montre la figure 15 qui les représente à la même échelle. On a $\rho = \rho'$, d'où :

$$\frac{V_{S\text{-}D}}{V_F} = \frac{6}{5,50}\left(\frac{28,27}{55,40}\right)^{\frac{1}{}}$$

$$V_{S\text{-}D} = 0,88\ V_F.$$

D'ailleurs le coefficient K était certainement plus élevé dans *le Santos-Dumont*, à cause du tangage et de la forme symétrique. On peut donc dire que la vitesse critique de ce ballon n'atteint pas les 0,85 de celle du ballon *la France ;* comme cette dernière est inférieure à 9 *m*, il en résulte que la vitesse critique du *Santos-Dumont n° 6* est inférieure à $0,85 \times 9 = 7,65$ *m*. Ce ballon n'a donc pu marcher à la vitesse de 8,50 *m* qu'on lui a prêtée, d'après des données dont le caractère éminemment incertain a été mis en évidence par M. Surcouf et par moi-même dans la discussion de novembre 1901 ; en fait, il a dû marcher à moins de 7,50 *m*, et, à cette vitesse, il avait encore un déversement appréciable, dont tout Paris a été témoin.

De la stabilité de route. — Pour en finir avec cette question capitale de l'équilibre dynamique et de la stabilité du dirigeable, il me reste à examiner la stabilité dans le sens horizontal, ou, suivant la technologie marine, la *stabilité de route.*

Puisque j'évoque un terme marin, je rappellerai ici un phénomène relaté par Dupuy de Lôme, qui l'a observé sur les garde-côtes, navires particulièrement lourds et trapus (1) : quand, après avoir fait usage du gouvernail, on vient à redresser la barre, il arrive que le déplacement angulaire du bateau continue, au lieu de s'arrêter rapidement; si même on cherche à enrayer cette dérive par une manœuvre inverse du gouvernail, on ne réussit qu'à lancer le navire sur l'autre bord, et ainsi de suite à chaque manœuvre nouvelle ; le navire fait alors de violents mouvements de lacet sur sa trajectoire, il manque de stabilité de route.

Les mouvements de lacet, qui n'existent qu'à l'état d'exception en navigation marine, à cause principalement de l'incompressibilité de l'eau, sont beaucoup plus fréquents en navigation aérienne. Tout d'abord, lors de la manœuvre du gouvernail,

(1) Note sur la batterie flottante de l'*Implacable*.

surtout si elle est brusque, le gaz suit par inertie la direction primitive, d'où un afflux plus ou moins marqué vers bâbord ou tribord; par suite de l'élasticité du gaz, il en résulte des vagues qui, pendant quelque temps, sont obliques sur le plan vertical passant par l'axe du ballon. D'autre part, en marche rectiligne ou suivant une courbe, le navire ne se déplace qu'exceptionnellement dans le sens du vent: si donc il y a des rafales, elles se composent avec la vitesse propre, pour frapper alternativement le navire à bâbord ou à tribord. Les mouvements de lacet qui résultent de ces causes sont moins importants que les mouvements de tangage; il importe, néanmoins, de les atténuer. On y arrivera par des moyens analogues : emploi d'une longue poupe et d'un plan directeur vertical. Celui-ci pourra être constitué soit en disposant une quille fixe dans l'axe du navire, soit en bloquant le gouvernail lui-même en marche rectiligne, si l'on ne veut pas qu'une telle quille diminue la sensibilité du navire à l'action du gouvernail pendant les virages.

Quant aux longues poupes, j'ai montré en 1898, dans une discussion avec notre distingué collègue M. Duroy de Bruignac (1), que la forme en cigare, avec gros bout à l'avant, contribue à enrayer à la fois l'amplitude et l'accélération des mouvements de lacet; il vous suffira de jeter un coup d'œil sur la figure 12 pour voir que le moment de redressement horizontal est d'autant

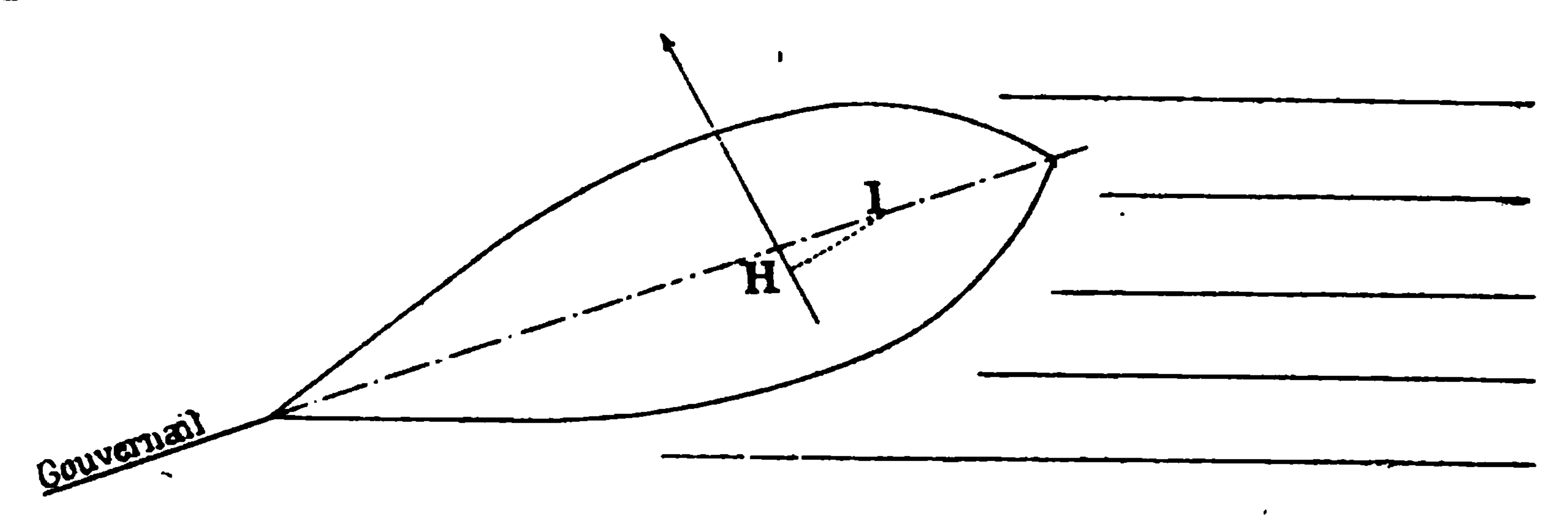


Fig. 12

plus grand que la poupe est plus allongée. Cette forme permet du reste de placer le gouvernail très à l'arrière de l'axe vertical d'inertie du navire, ce qui augmente son efficacité; d'ailleurs il convient, contrairement à une habitude trop fréquente, que le gouvernail soit absolument rigide et ne mollisse pas sous l'action de l'air, ce qui aurait pour effet de diminuer le moment de redres-

(1) *Réponse aux « Remarques sur la navigation aérienne »*, Bulletin de mars 1898.

sement et d'introduire une plus grande résistance à la marche.

J'ajoute que les rafales ont sur le ballon proprement dit une action beaucoup plus considérable que sur la nacelle, et que celle-ci, en raison de sa plus grande masse, tend à conserver sa vitesse et sa direction : le système doit donc être rigide dans le sens horizontal, sous peine d'oscillations du ballon par rapport à la nacelle, sortes de torsions nuisibles à la stabilité de route et à l'efficacité du gouvernail ; on y arrive en plaçant judicieusement quelques balancines transversales.

Résumé et conclusion. — Je rappelle les principales précautions dont cette discussion a mis en lumière la nécessité ou l'utilité, notamment pour atteindre des vitesses sensiblement supérieures à celles qu'on a réalisées.

En ce qui concerne le tangage et la stabilité de route, il faut: avoir un ballonnet à air parfaitement bien établi, avec un ventilateur d'un débit suffisant, à moteur indépendant; enrayer les mouvements verticaux dès qu'ils se produisent; donner au ballon une forme dissymétrique ou toute autre forme propre à combattre la prépondérance de la réaction sur la proue en cas d'inclinaison; cloisonner le ballon; assurer la rigidité complète de tout le navire; avoir un gouvernail rigide. Je signale d'autres précautions de détail, par exemple : employer tout au moins un gouvernail horizontal, comme ont fait MM. Renard et Krebs; mettre le moteur, surtout si ses trépidations ne sont pas complètement annulées, près de la verticale qui passe par le centre de gravité et par le point d'application de la force ascensionnelle; rapprocher de cette ligne le lest, les approvisionnements, le guide-rope, en un mot, tout ce dont le poids peut varier; placer de préférence l'hélice à l'avant, parce qu'on diminue ainsi la longueur de son arbre, et que, d'autre part, la traction semble plus favorable que la propulsion pour la tenue du navire, en raison de la compressibilité et de la mobilité de l'air : c'est ainsi que, si l'on a à déplacer une brouette sur un terrain sablonneux, d'instinct on la traîne plutôt qu'on ne la pousse. Toutefois, cet emplacement ne doit pas être une cause de gêne pour la disposition des autres organes ou pour l'écoulement régulier des filets fluides, car il n'est pas indispensable : théoriquement, en effet, la transmission de l'effort aux paliers de butée se fait aussi bien avec l'hélice de propulsion qu'avec l'hélice de traction ; mais la longueur de l'arbre sera généralement moindre dans ce dernier cas.

En ce qui concerne le déversement, il y a plutôt lieu, à mon avis, de réduire l'allongement du ballon, porté à 6 par MM. Renard et Krebs grâce à de multiples précautions, qui ont eu un plein effet à la vitesse réalisée en 1885, mais qui seraient tout à fait insuffisantes aux vitesses que permettent d'obtenir les moteurs actuels. Pour ma part, je ne prendrais pas un allongement supérieur à 4 ou 5, quitte à l'augmenter ultérieurement quand de nouvelles expériences auraient donné des bases sûres pour la navigation à grande vitesse. D'autre part, il conviendra désormais : 1° de placer l'arbre de l'hélice entre le ballon et la nacelle, de façon qu'il passe le plus près possible de la position moyenne du centre de résistance, tout en laissant le moteur dans la nacelle, de façon à avoir un grand moment stabilisateur ; 2° de placer cet arbre sur un châssis rigide évasé vers l'arrière qui servira de carcasse à un plan horizontal directeur.

Avant tout, les dispositifs employés devront être compatibles avec une sécurité relative des aéronautes et des personnes au-dessus de qui le ballon peut évoluer. Les expériences de navigation aérienne comportent, comme beaucoup d'autres, un certain aléa ; mais il convient de le réduire, tant par l'observation des règles fondamentales de l'Architecture aérienne que par des précautions toutes spéciales en ce qui concerne le moteur : éloignement suffisant avec le ballon, et, en particulier, avec la manche d'échappement de l'hydrogène (1) ; protecteurs efficaces autour des parties qui peuvent produire une inflammation, telles que foyer et cheminée dans les machines à vapeur, pot d'échappement dans les moteurs à pétrole, balais dans les dynamos, qui, avec leurs étincelles, peuvent être aussi dangereuses que les machines à feu. D'autre part, il est indispensable d'emmener un aéronaute ayant fait ses preuves, pour la conduite du navire dans le cas où la machinerie ne fonctionnerait plus, et pour l'atterrissage, particulièrement délicat avec un dirigeable désemparé ; un tel auxiliaire sera du reste précieux pour surveiller les mouvements verticaux du ballon, rôle dont j'ai signalé plus haut l'importance. Enfin, il faut éviter soigneusement toute cause de déchirure de l'enveloppe.

A ce propos, il ne me semble pas inutile de dire ce qu'il convient de penser d'un mode de construction qui semble séduire beaucoup les inventeurs, si j'en juge par les consultations qu'on

(1) C'est principalement à ces causes que paraît due la catastrophe du *Pax*.

m'a demandées : à défaut d'une enveloppe métallique (à peu près abandonnée dans les projets depuis la tentative de Marey-Monge), on a volontiers recours, sur le papier, à une ossature métallique pour obtenir la rigidité de l'enveloppe. Or, l'excès de la pression de l'hydrogène sur la pression atmosphérique et l'insufflation de l'air dans le ballonnet assurent la rigidité d'une façon autrement parfaite, au triple point de vue de la simplicité, de la légèreté et de la sécurité.

Il suffit, en effet, dans les dirigeables tels que le *Dupuy-de-Lôme* ou *la France*, d'avoir un ballonnet et un ventilateur établis dans les conditions que j'ai indiquées, et de faire en sorte qu'en chaque élément de la carène l'excès de la pression de l'hydrogène sur la pression atmosphérique soit supérieur à la pression qui résulte de la vitesse propre. Or cette dernière pression est toujours très faible aux vitesses que peuvent atteindre les ballons dirigeables : sur un plan qui se déplace orthogonalement, la formule $R = 0{,}085\ SV^2$ donne 13 *kg* par mètre carré à la vitesse de 12.50 *m* par seconde, soit environ 1/1 000ᵉ d'atmosphère ; sur une carène où la surface avant est seule en jeu, et où, d'autre part, les éléments sont inclinés sur la trajectoire, la pression est beaucoup moindre, même à la partie de la carène la plus éprouvée. Dans ces conditions, l'excès de la pression de l'hydrogène sur la pression atmosphérique (qui part de zéro, à l'extrémité ouverte de la manche d'appendice, pour croître proportionnellement à la distance verticale à cette extrémité) est largement suffisant, pour peu que la manche ait quelque longueur. Dupuy de Lôme a calculé que cet excès était dans son dirigeable :

8,16 kg/m^2 au bas du ballon,
16,32 kg/m^2 à l'équateur,
24,48 kg/m^2 au haut ;

le dirigeable aurait donc pu, sans inconvénient pour la rigidité, aborder la vitesse de 10 *m* par seconde, avec des soupapes convenablement réglées pour l'échappement de l'hydrogène et de l'air du ballonnet.

La manche d'appendice (ou une soupape équivalente), le ballonnet et le ventilateur, s'ils sont bien calculés, assurent donc la rigidité de l'enveloppe : il n'y a pas de solution plus simple et plus légère. En outre l'étoffe, libre de ses mouvements, se pliera sans aucune fatigue, si elle est souple, aux déformations qui résultent des variations de pression, quelles qu'elles soient, et en particulier à celles qui résultent du tangage ; au contraire, si elle était

fixée à une carcasse rigide, elle courrait le risque de se déchirer, et, en tout cas, travaillerait beaucoup ; si elle était simplement tendue sur cette carcasse, elle subirait des frottements continuels dans les mêmes régions, d'où une usure rapide et dangereuse, à moins qu'on n'emploie le dispositif du comte Zeppelin, où l'enveloppe extérieure n'était pas celle d'un ballon, et n'avait pour but que de donner une forme qui présentât peu de résistance à la marche : solution compliquée et conduisant à des poids excessifs, alors que la solution de Dupuy de Lôme est autrement élégante et légère.

La rigidité du ballon et celle de la suspension, dues l'une et l'autre à ce grand ingénieur, font des dirigeables tels que le *Dupuy-de-Lôme* et *la France* des blocs sur lesquels l'hélice a la même action que sur un appareil plus lourd que l'air, ce qui montre combien était spécieuse l'ancienne opinion d'après laquelle l'hélice était capable de propulser un aéroplane, mais non pas un aérostat.

Au point où nous en sommes aujourd'hui, le problème de la stabilité et de l'équilibre *dynamique* constitue le chapitre le plus important de l'Architecture du ballon dirigeable, car nous venons de voir qu'il existe une Architecture du ballon dirigeable, tout comme il existe une Architecture du navire marin. Bien qu'elle laisse encore un vaste champ à l'ingéniosité des chercheurs, cette branche nouvelle de la Mécanique appliquée a, dès maintenant, des assises solides, grâce surtout aux travaux de trois ingénieurs éminents : le général Meusnier, à qui la science pure est redevable du beau théorème qui porte son nom, et à qui les sciences appliquées doivent l'hélice, qu'il imagina pour la propulsion aérienne un demi-siècle avant que Sauvage n'en fît l'application à la propulsion marine (1) ; Dupuy de Lôme, le puis-

(1) Si l'application de l'hélice revient sans conteste à Sauvage, le Mémoire de Meusnier indique nettement un propulseur à rames tournantes qui constitue une hélice véritable. Par contre, il y a lieu de protester contre la fausse érudition qui attribue à Léonard de Vinci la paternité de l'hélice, sous prétexte que l'illustre peintre, qui était aussi un architecte et un savant, a tracé, en quelques coups de crayon, une esquisse rappelant plus ou moins les formes de ce remarquable propulseur.

Voici le titre du savant Mémoire du général Meusnier, si remarquable pour l'époque : *Sur l'équilibre des machines aérostatiques, sur les différents moyens de les faire descendre et monter, et spécialement sur celui d'exécuter des manœuvres sans jeter du lest et sans perdre de gaz inflammable, en ménageant dans le ballon une cavité particulière destinée à contenir de l'air atmosphérique.* Ce travail, conservé à l'École d'application de l'Artillerie et du Génie de Metz, a été longtemps ignoré, notamment de Dupuy de Lôme, qui réinventa, comme je l'ai dit, le ballonnet à air pour obtenir la rigidité. M. le lieutenant du Génie Lentonné a rédigé sur le Mémoire de Meusnier une intéressante Note à l'Académie des Sciences (26 juillet 1886).

sant créateur des navires cuirassés (1); le colonel Ch. Renard, dont le ballon dirigeable, construit avec la collaboration du commandant Krebs, était la consécration tangible d'une œuvre magistrale, continuée depuis, dans le silence de Meudon, par les frères Renard et par les officiers sous leurs ordres.

A ces noms, il faut ajouter, à d'autres titres, ceux de Giffard et de Gaston Tissandier. Je vous ai dit autrefois quels sont les mérites et les défauts des dirigeables construits par ces ingénieurs, depuis Giffard jusqu'à MM. Renard et Krebs, et vous m'excuserez de ne pas revenir ce soir sur cet intéressant sujet. Mais il convient, comme illustration des considérations que je viens de développer, de vous rappeler brièvement quelle a été la tenue du dirigeable de Chalais, le dernier et de beaucoup le plus remarquable de cette brillante série française; il convient aussi, pour les futurs constructeurs d'aéronefs, d'apprécier la valeur exacte de certains dispositifs particuliers au *Santos-Dumont.*

LE BALLON LA FRANCE ET LE SANTOS-DUMONT N° 6

« La France ». — Le succès du ballon *la France* s'affirma dès l'origine, sans faux départs, sans remaniements, sans à-coups. Et quand, le 9 août 1884, ce dirigeable sortit pour la première fois des ateliers militaires de Chalais-Meudon, il évolua dans l'air sans effort apparent, avec la docilité et l'aisance d'un fin canot qui glisse sur la surface tranquille d'un lac. Il décrivit ainsi une trajectoire d'environ deux lieues, revenant planer exactement sur l'étroite pelouse d'où il était parti. L'hélice fut alors ralentie, un coup de soupape détermina la descente, le propulseur maintint le ballon au-dessus des aides qui attendaient son retour, et bientôt le premier navire aérien vraiment digne de ce nom se posait à l'endroit même d'où ses deux inventeurs étaient partis, vingt minutes auparavant, avec l'espoir de démontrer que le génie humain venait de faire sur les éléments une nouvelle et

(1) Les travaux de Dupuy de Lôme sont relatés dans le Mémoire qu'il présenta à l'Académie des Sciences le 17 octobre 1870. La Commission qui assista aux essais conclut qu'ils avaient pour résultat « de faire sortir la question du vague dans lequel elle a été maintenue jusqu'ici, et de servir de point de départ nécessaire à tout ce qu'on voudra continuer dans ce sens ». De fait, le ballon de Chalais est directement inspiré des travaux du célèbre ingénieur.

grandiose conquête. Hervé-Mangon proclama le lendemain, à l'Académie des Sciences, que le 9 août 1884 était une date désormais mémorable; ce jugement, Messieurs, sera sanctionné par la postérité, quels que soient les perfectionnements ou les modifications que l'avenir apporte au navire aérien.

Cinq fois sur sept, le dirigeable de Chalais put ainsi décrire des trajectoires fermées; une fois, il y eut à la dynamo un accident qui détermina un commencement d'incendie; une autre fois, le vent était supérieur à la vitesse propre. Je regrette, quant à moi, qu'il n'y ait pas eu plusieurs sorties par des vents de 10 et 15 mètres : certes, le navire ne fût pas revenu à son port d'attache, et les éducateurs habituels du public en auraient sans doute tiré les conclusions que vous devinez; mais de telles expériences auraient eu un grand intérêt pour les gens éclairés, car elles auraient montré le degré de stabilité qu'on peut atteindre dans des conditions où les variations du vent sont plus grandes, puisque le vent est lui-même plus fort.

Une des plus longues sorties est celle qui eut lieu quand le général Campenon, ministre de la Guerre, se présenta à Chalais pour se rendre compte de la valeur du nouvel engin. Veuillez croire que le chef de notre Établissement d'aérostation militaire n'invita pas le ministre à revenir par un temps absolument calme, comme cela arriva un certain nombre de fois, quelque quinze ans plus tard, aux membres de la Commission scientifique de l'Aéro-Club. Je mets sous vos yeux la trajectoire qui fut parcourue ce jour-là, à la vitesse propre de 6,50 *m* (*fig. 13*).

Fig.13

Le dirigeable partit vent debout en décrivant une courbe dont les inflexions régulières montrent, de façon frappante, la sûreté de la manœuvre et l'efficacité du gouvernail; il passa la Seine à Billancourt, franchit les fortifications, et vira au-dessus des gares d'Auteuil et du Point-du-Jour, comme il aurait pu virer autour de la Tour Eiffel si elle eût existé : car c'est une hérésie scientifique de croire que le fait de décrire une piste plus ou moins déterminée à l'avance constitue un critérium particulier pour un ballon capable de revenir à son point de départ, puisque, pour ce faire, il passe forcément par tous les azimuts; et il ne peut y avoir de difficulté à contourner la Tour Eiffel que pour des ballons mal établis, qui courent le risque de venir s'y heurter.

En dehors de cette belle application des règles fondamentales de l'Architecture aérienne, il convient de tenir largement compte à MM. Renard et Krebs du progrès considérable qu'ils durent réaliser dans la légèreté des moteurs pour arriver à une démonstration aussi concluante. A cette époque, en effet, le poids du seul générateur, chaudière ou pile, atteignait 70 *kg* par cheval-heure : ce poids fut abaissé à 25 *kg* avec la célèbre pile chloro-chromique du capitaine Ch. Renard, que tous les électriciens de l'époque se sont accordés à considérer comme une merveille de légèreté : ce générateur, complété par une dynamo légère due au capitaine Krebs, fut véritablement l'âme du navire, remarquablement préparé à en utiliser la puissance.

Pendant la période de dix-sept ans qui s'est écoulée depuis ces expériences, il s'est produit, dans l'évolution des moteurs, un fait capital, qui a singulièrement avancé le problème de la navigation aérienne : je veux parler des perfectionnements prodigieux des moteurs à explosion. Il n'y a, aujourd'hui, qu'à s'adresser au commerce pour obtenir un moteur à pétrole huit fois plus léger que la dynamo et le générateur électrique qui avaient coûté tant d'efforts et d'ingéniosité aux savants officiers de Chalais. La consommation est d'ailleurs minime, 500 *g* environ par cheval-heure, et c'est là un point important dans la question qui nous occupe, tant pour la durée du voyage que pour la réduction, éminemment désirable, du délestage par le fait de la combustion : ce délestage atteint encore la valeur élevée d'environ 10 *g* par seconde pour un moteur de 70 *ch*, ce qui nécessite des dispositifs spéciaux, par exemple un compensateur à lames de persiennes mobiles (voir *fig.* 28, avec i négatif), où l'inclinaison est réglée automatiquement par le mouvement ascensionnel.

Le générateur électrique dispense de cette sujétion, en même temps qu'il donne une merveilleuse élasticité dans l'emploi de l'énergie, une incomparable facilité dans la commande de l'hélice placée comme je l'ai indiqué. Et comme il a fait, lui aussi, des progrès au point de vue de la légèreté, qu'il importe d'ailleurs, avant tout, de s'opposer au déversement, sans quoi l'allégement du moteur est chose inutile à partir d'une certaine vitesse, le moteur électrique, bien démodé aujourd'hui, me paraît encore apte à rendre de nombreux services à la direction des aérostats.

Le « Santos-Dumont n° 6 ». — Dans ses divers ballons, qui ne font que répéter inutilement, au point de vue de leurs dispositions générales, les tâtonnements de la série française, M. Santos-Dumont n'a réellement profité que de l'allégement des moteurs. Son dernier ballon, en tant qu'Architecture aérienne, est tout à fait inférieur, non seulement à celui de MM. Renard et Krebs, mais encore à celui de Dupuy de Lôme. Cela est d'autant plus fâcheux que, pour obtenir un résultat en rapport avec la puissance motrice emportée, l'auteur devait appliquer avec un soin tout particulier les règles posées à la suite des expériences de ses illustres devanciers.

Aussi n'est-il pas étonnant que M. Santos Dumont ait eu tant de peine à réaliser le programme du prix Deutsch: encore n'y parvint-il qu'après de multiples ascensions infructueuses et fertiles en incidents, qu'après avoir crevé cinq ballons sous lui, donnant ainsi le spectacle d'une lutte acharnée qui passionna le public. Est-il nécessaire de dire, une fois de plus, que nous nous associons tous aux hommages rendus à son courage et à sa ténacité; mais, comment des ingénieurs n'opposeraient-ils pas à cette lutte la sûreté de marche du ballon de Chalais, qui résolut le problème sans coup férir, dès sa première sortie, et dont l'aisance même cachait au public l'effort technique considérable qui l'avait assurée?

Du moins M. Santos Dumont a-t-il rendu un réel service en attirant de nouveau, avec éclat, l'attention du public sur ce beau problème de la navigation aérienne, et aussi, disons-le, en montrant, de telle sorte que nul n'en peut ignorer aujourd'hui, les dangers qu'appelle fatalement l'inobservation des règles que je viens de rappeler. Je reproduis *(fig. 14)* la photographie d'un atterrissage du *Santos n° 4*, qui fait bien comprendre que ces dangers ne sont point chimériques. La figure 15, où *la France* et

le *Santos-Dumont n° 6* sont juxtaposés à la même échelle, montre l'énorme différence dans les proportions de leurs ballonnets à air; du reste, sauf un dispositif mauvais dont je parlerai tout à l'heure, aucune précaution spéciale n'était prise contre le tangage, contre les vagues intérieures, etc...; vous voyez que les positions relatives du ballon et de la nacelle sont les mêmes dans les deux dirigeables, dont les longueurs de proue à poupe étaient respectivement de 50 et de 33 *m* : cela prouve une méconnaissance absolue des lois de la similitude en Mécanique.

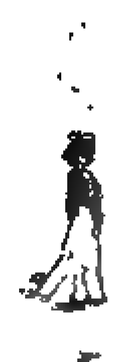


Fig. 14

Sans vouloir insister sur les imperfections des *Santos*, il convient cependant, dans l'intérêt de ceux qui auraient l'intention de construire des dirigeables, de mettre en garde contre quelques dispositifs, que l'on a considérés à tort comme des perfectionnements apportés par M. Santos-Dumont à la direction des aérostats.

Le premier est la simplification qui consiste à attacher directement les suspentes à la soie du ballon. Cette simplification a un revers : la suppression pure et simple de la chemise entraîne une répartition défectueuse des efforts, dangereuse avec des

ballons atteignant ou dépassant 1 000 m^3; du reste, à un autre point de vue, la chemise ne constitue pas un poids tout à fait inutile, puisque l'étoffe subit une plus grande tension au-dessus de l'équateur, et qu'il convient, par suite, qu'elle y soit plus résistante. Si l'on veut supprimer la chemise, il y a lieu de prendre des précautions spéciales; on pourrait, par exemple, donner une forme rigide à la ceinture d'où partent les suspentes qui aboutissent à la nacelle.

Un autre dispositif consiste à déplacer le guide-rope sur cette nacelle, de façon à atténuer le tangage. Un procédé analogue avait

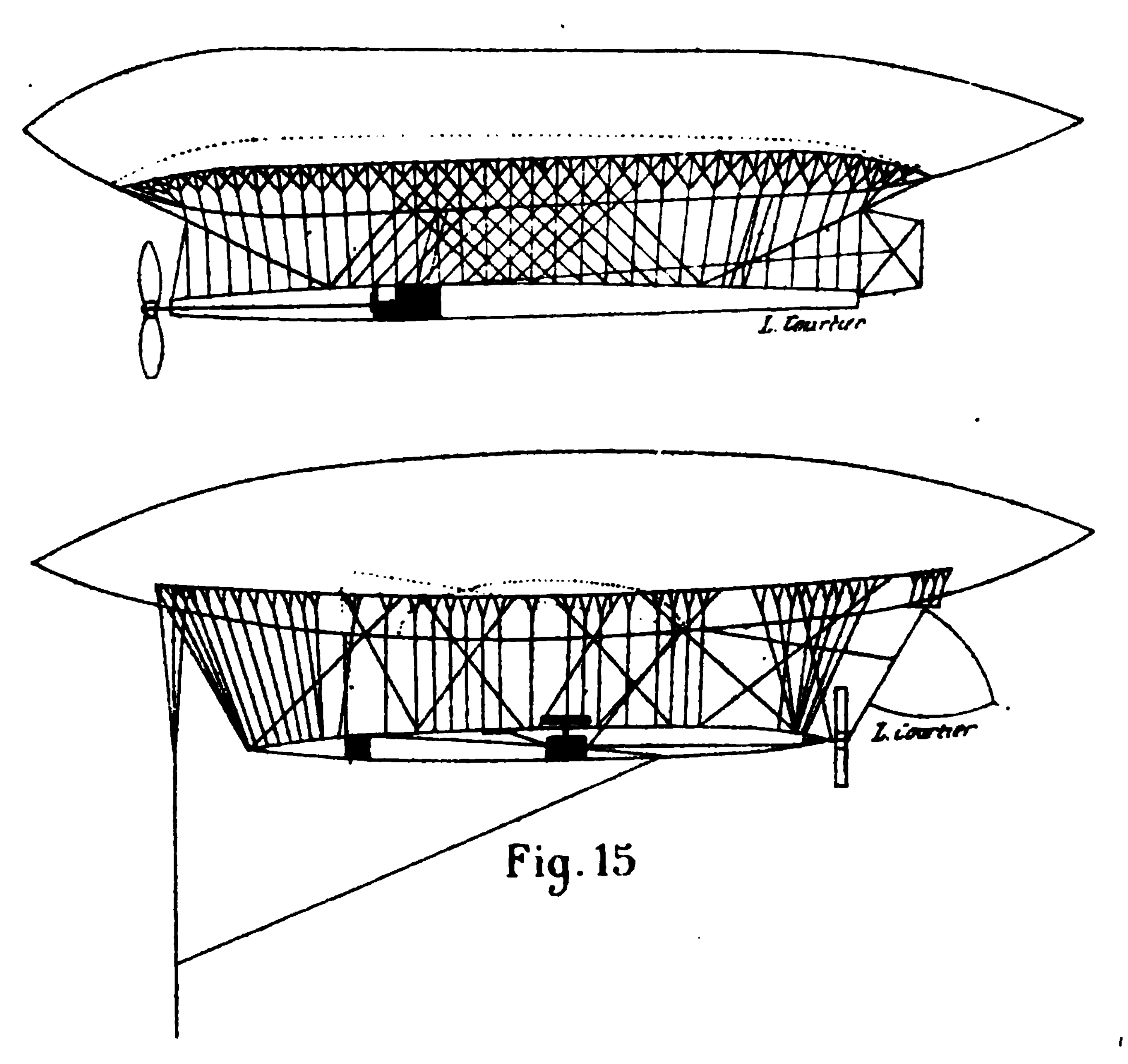


Fig. 15

déjà été employé, avec une charge plus sérieuse, dans le remarquable aéroplane de Maxim (1), et avait contribué, pour une faible part du reste, à... l'insuccès de ces expériences; il avait été repris, sous une forme moins rudimentaire, par le comte Zeppelin : ce dernier avait parfaitement compris que le mouvement pendulaire du tangage ne peut être éteint ou diminué par un autre mouvement indépendant que si celui-ci est pendulaire et asynchrone du premier. Malheureusement, si l'asynchronisme

(1) *Le problème général de la navigation aérienne*, Bulletin d'août 1897, page 173.

n'est pas parfait, les amplitudes s'ajoutent fatalement à certains moments, au lieu de se retrancher, par exemple, dans la région comprise sur la figure 16 entre les temps t et t_1. Or, je n'ai pas besoin de vous dire combien l'asynchronisme parfait est difficile à réaliser en Mécanique. Si l'on veut éteindre partiellement le tangage par le déplacement d'une masse, il faut que ce déplacement dépende automatiquement et instantanément du tangage: un tel problème ne laisse pas que d'être compliqué et délicat.

Enfin, il est un troisième dispositif, posthume au dirigeable n° 6, que M. Santos-Dumont a manifesté l'intention d'employer : il consiste à mettre deux hélices, l'une à l'avant, l'autre à l'arrière, et à les commander par deux moteurs distincts. J'ai vu avec surprise des ingénieurs faire figurer cela au nombre des pré-

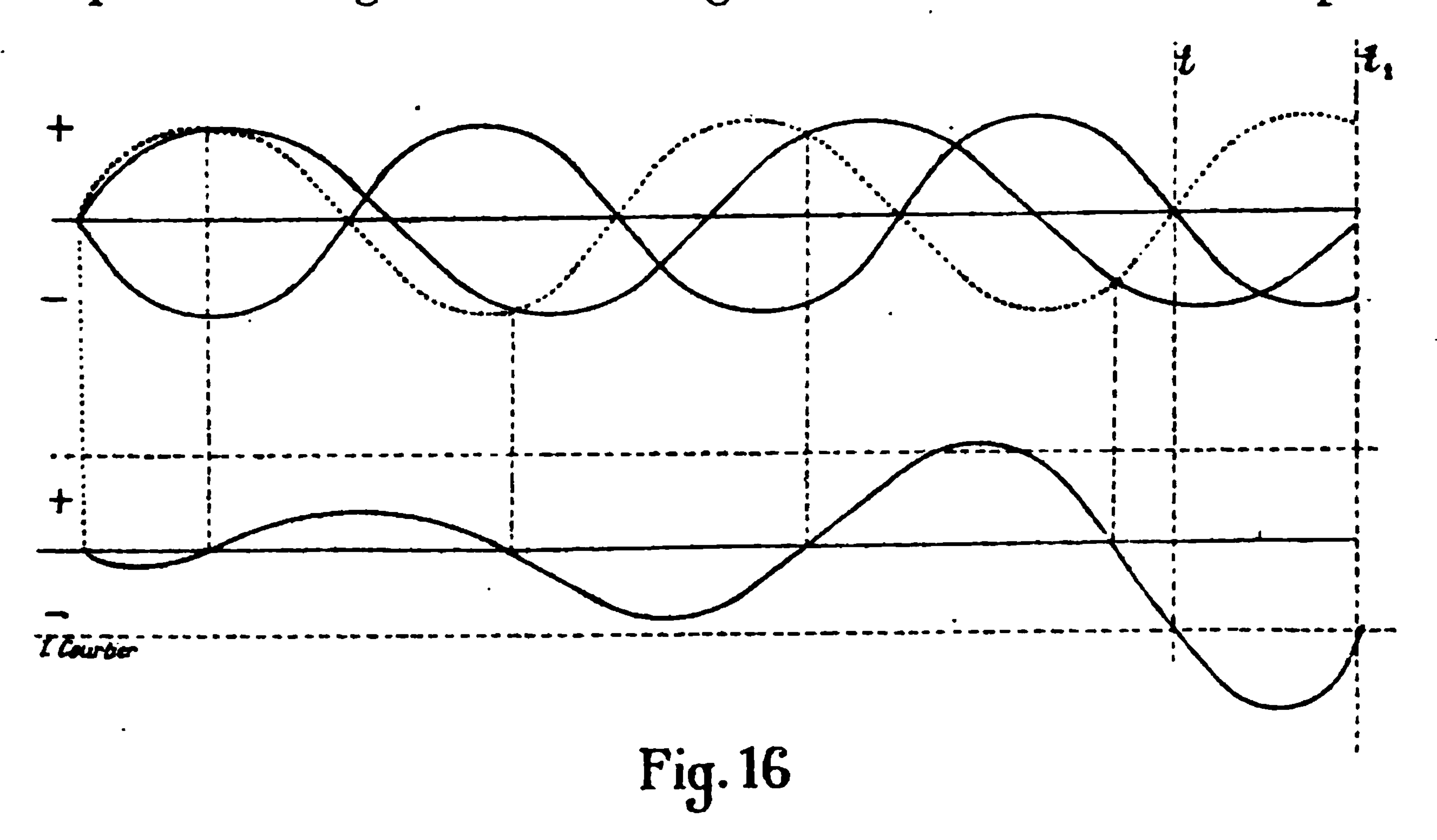


Fig. 16

tendus perfectionnements qu'ils préconisent pour les dirigeables futurs. Il faut bien mal connaître les effets des hélices et la difficulté d'en obtenir deux qui donnent exactement la même propulsion pour les jumeler ainsi, surtout dans un fluide compressible. Je me méfierais même, pour un dirigeable, de deux hélices latérales jumelées, comme on fait dans quelques bateaux; à plus forte raison faut-il considérer comme détestable l'emploi de deux hélices dont les arbres se prolongent : l'une abaissera certainement le rendement de l'autre, et même, si la carburation d'un des moteurs se modifie accidentellement, le rendement de l'hélice correspondante pourra être négatif, cette hélice créant une résistance.

Je termine ce rapide examen par quelques mots sur une

question ouverte, mais non élucidée, lors de la discussion de fin 1901, à savoir la vitesse propre du dernier *Santos-Dumont* : non pas qu'il me convienne de chicaner sur la vitesse que diverses personnes lui ont attribuée; c'est à un point de vue plus élevé que j'entends me placer : il eût été intéressant de connaitre cette vitesse à titre d'indication utile, pour les expériences futures, au point de vue de la limite de vitesse qu'apporte le déversement aux ballons de ce type.

M. Deslandres, astronome à l'observatoire de Meudon, a pu réunir 16 photographies, prises de 5 endroits différents, au moment de l'ascension du 19 octobre 1901. La trajectoire ainsi déterminée diffère très sensiblement de celle qui a été présentée par M. Armengaud à la Société (1), puis à l'Académie des sciences; elle diffère même de la trajectoire corrigée qui figure dans le tirage à part de la Communication de notre distingué collègue à la Société *(fig. 17)*. Dans ces conditions, je ne vois pas bien quel crédit on peut accorder à sa méthode, basée sur le tracé de cercles osculateurs à une trajectoire aussi incertaine, pas plus, d'ailleurs, qu'aux autres méthodes qu'il a imaginées.

Dans sa Note à l'Académie des sciences, M. Deslandres évalua

Trajectoire relevée par M Deslandres
Trajectoire primitivement donnée par M Armengaud
Corrections de M Armengaud à la trajectoire primitivement donnée

Fig. 17

(1) *Les progrès de la navigation aérienne et les expériences de M. Santos-Dumont*, Bulletin de décembre 1901.

la vitesse propre à 7,75 *m*; mais il reconnut plus tard qu'il ne pouvait ajouter aucune confiance aux données qui lui avaient été fournies. J'ai montré, en évaluant le déversement du *Santos-Dumont* d'après celui de *la France*, que le ballon a dû marcher à moins de 7,50 *m*. Cette conclusion n'est nullement en désaccord avec les données chronométriques, d'ailleurs incertaines, qu'on a sur l'ascension du 19 octobre 1901 : en effet, la trajectoire en altitude donnée par M. Deslandres fait voir qu'aussitôt après le virage le ballon a effectué le retour à une altitude, et par conséquent avec une vitesse de vent, toujours inférieures à celle de l'aller, si l'on suppose que, dans toute la région parcourue, le vent ait diminué avec l'altitude, ainsi que cela avait lieu à la Tour Eiffel, où la vitesse variait, à 20 *m* du sol, de 1,50 *m* à 2 *m*, de 4,50 *m* à 5 *m* au sommet. Or, le calcul montre qu'une différence de 1 *m* entre les vitesses du vent à l'aller et au retour au-dessus d'une même région se traduit par un abaissement de 0,50 *m* environ dans la vitesse propre calculée pour le *Santos-Dumont*. Au reste, je partage complètement l'opinion exprimée ici par le commandant P. Renard, à savoir que nous sommes condamnés à ne jamais connaître la vitesse propre fournie dans l'épreuve du prix Deutsch.

Je n'en dirai pas davantage sur ces expériences ; pour le surplus, je m'en tiens purement et simplement à la critique que j'en ai faite en séance, à la suite de la Communication de M. Armengaud (1); et je vous laisse le soin d'apprécier quelle part d'enthousiasme il y a dans la métaphore hardie de notre collègue, d'après qui M. Santos-Dumont aurait « maîtrisé en quelque sorte l'espace et le temps ».

L'AÉROPLANE

La solution du problème de la navigation aérienne par le ballon dirigeable est souvent appelée le moins lourd que l'air, quoique, en bonne logique, on dût dire l'aussi lourd que l'air. L'autre solution est celle du plus lourd que l'air, ou Aviation.

Vous n'ignorez pas, tant leurs querelles ont été bruyantes, que les partisans du moins lourd et les partisans du plus lourd que l'air se sont montrés d'irréconciliables ennemis. En réalité,

(1) *Procès-verbal* de la séance du 22 novembre 1901.

la doctrine qu'il faut proclamer est plus éclectique et plus large. Loin d'être exclusives l'une de l'autre, les deux solutions se complètent; elles correspondent à des phases différentes d'un même problème.

L'aéroplane considéré comme le prolongement du ballon dirigeable. — Supposez, en effet, qu'on utilise les progrès continus dans la technique des ballons dirigeables, dans la construction des moteurs, des propulseurs, etc., à augmenter progressivement la vitesse de ces navires. Pour faire équilibre à la pression due à la marche et maintenir le ballon constamment gonflé, condition que nous savons nécessaire, il faudra augmenter progressivement la pression de l'hydrogène, et aussi donner à l'étoffe une résistance de plus en plus forte. Par suite, théoriquement, le dirigeable deviendra trop pesant à partir d'une certaine vitesse, d'ailleurs assez grande ; alors la solution par le moins lourd que l'air s'éliminera d'elle-même. En pratique, il faudra s'arrêter à une vitesse beaucoup moindre que cette vitesse théorique; il semble difficile, avec les moyens actuels, de dépasser 20 *m* sans compromettre la sécurité, tant au point de vue du travail de l'étoffe que du déversement.

Or, la résistance produite par des vitesses de cet ordre peut donner lieu, sur des surfaces convenablement disposées, à des réactions verticales de bas en haut, c'est-à-dire à des forces sustentatrices (*fig. 18*). On arrive ainsi, tout naturellement, à passer du dirigeable à l'aéroplane, et peut-être ceci tuera-t-il cela : ce n'est toutefois pas une raison, même en Aéronautique, pour vouloir mettre la charrue avant les bœufs.

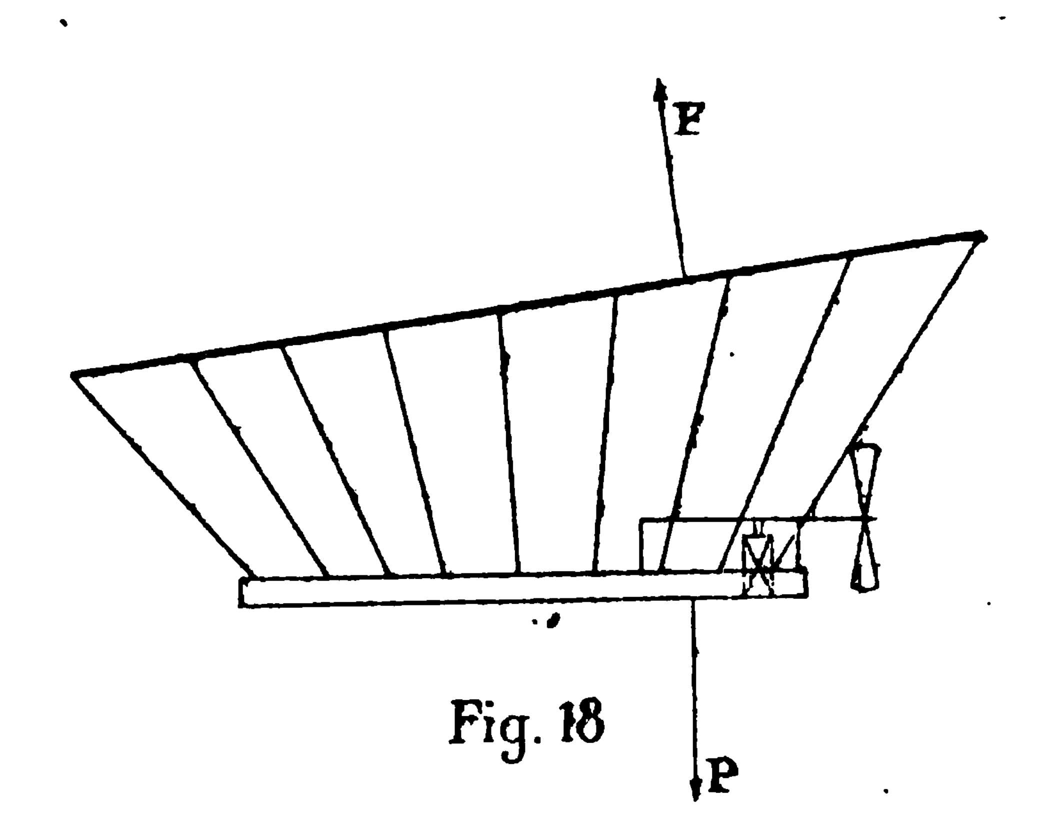


Fig. 18

Sans aborder ici l'étude du plus lourd que l'air, solution qui n'est pas mûre et a besoin d'une préparation méthodique, je voudrais résumer brièvement les principales difficultés qu'elle présente.

Résistance a l'avancement. — Nous venons d'être amenés à regarder l'aéroplane comme la suite naturelle du ballon dirigeable. Cette manière si logique d'envisager ce navire ne vous fixe-t-elle pas, sans qu'il soit besoin de calculs, sur ce qu'il convient d'en attendre ? Comme le ballon dirigeable, l'aéroplane devra former un bloc rigide, sous la seule réserve qu'on puisse légèrement modifier l'inclinaison de la voilure qui remplace l'aérostat ; comme le ballon dirigeable, il aura une nacelle, un réseau de suspentes plus ou moins enchevêtré ; aux grandes vitesses qui sont sa raison d'être, le déplacement de cette nacelle et de ces suspentes absorbera une puissance motrice considérable.

Car s'il est vrai, ainsi que M. Langley a cru le découvrir un siècle après George Cayley, que la puissance nécessaire à soutenir la voilure en charge est d'autant plus faible que la vitesse est plus forte, par contre, la puissance nécessaire à propulser tout le reste du navire croît comme le cube de la vitesse, s'il n'y a pas de tangage, et plus vite que le cube dans le cas contraire. Il ne faut donc pas s'imaginer que la suppression du ballon apporte, dans la résistance à l'avancement, une économie considérable qui permette d'augmenter la vitesse dans de très grandes proportions, de la quintupler par exemple, et d'obtenir la sustentation avec une voilure relativement réduite.

Considérons tout d'abord l'aéroplane qui est représenté schématiquement par la figure 18, et qui dérive directement du ballon dirigeable. J'ai dit que Dupuy de Lôme évaluait la résistance des suspentes et de la nacelle de son aérostat aux 2/3 de la résistance totale : la suppression du ballon ne donnerait donc ici qu'un faible gain au point de vue de la résistance ramenée à l'unité de vitesse. Mais on pourrait objecter que la suspension Dupuy de Lôme est très enchevêtrée, que les calculs de l'éminent ingénieur peuvent paraître trop faibles pour la résistance du ballon proprement dit, trop forts pour la résistance des cordages et de la nacelle. Mettons les choses au mieux, et supposons un dirigeable dont la suspension soit assez bien comprise pour que la résistance des parties non sustentatrices ne soit que le 1/8 de la résistance totale, au lieu des 2/3 ; remplaçons le ballon par une voilure suffisante pour porter, à une certaine vitesse V, le même poids utile et le même moteur que le dirigeable ; négligeons le poids et la résistance à l'avancement de cette voilure et des appareils spéciaux à l'aéroplane pour sa mise en marche, sa stabilité, son atterrissage, etc. Puisque la force motrice reste

la même, on a la relation suivante entre la vitesse v du ballon et la vitesse V de l'aéroplane que nous lui substituons :

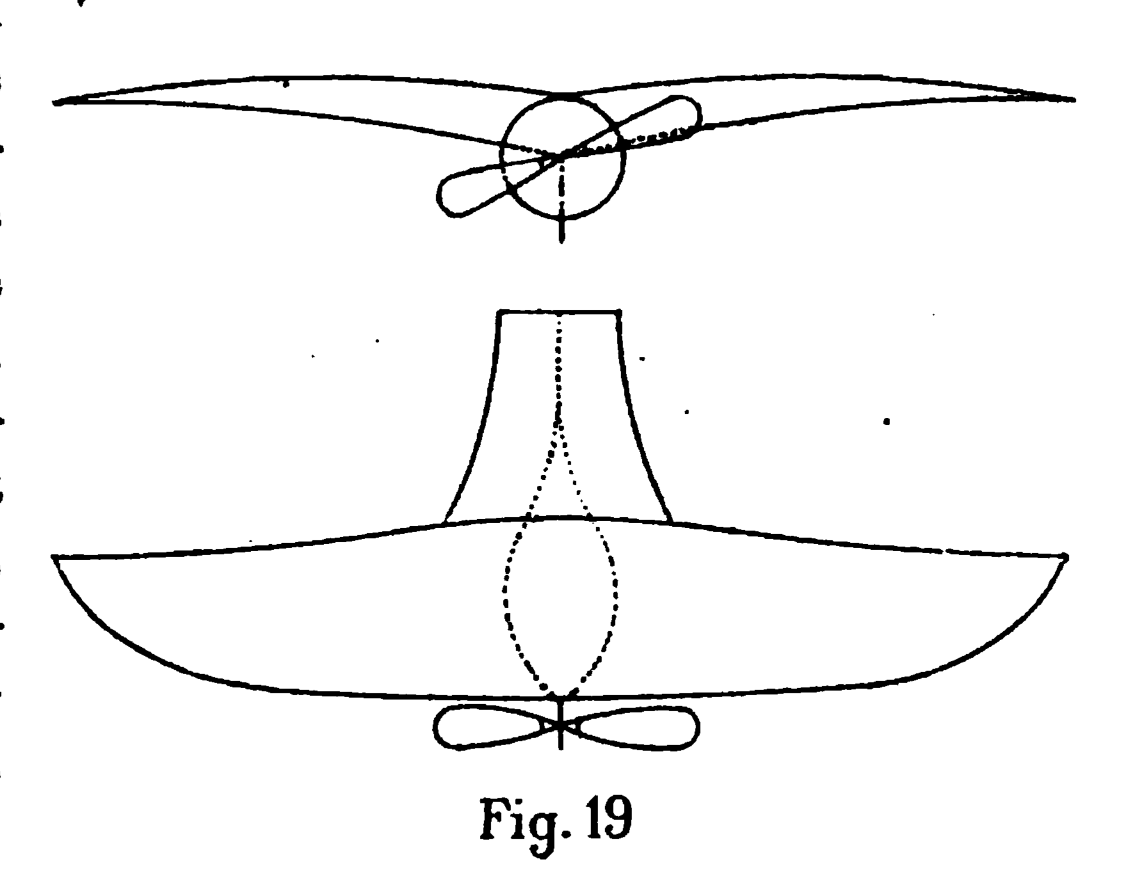
$$kv^3 = \frac{k}{8} V^3.$$

d'où

$$V = 2v.$$

Ainsi, dans ces conditions éminemment favorables pour un aéroplane du type considéré, on double seulement la vitesse ; en réalité on obtiendrait beaucoup moins.

C'est, dira-t-on, que ce type est mauvais ; peut-être, mais pas certainement, car, si l'on veut le perfectionner au point de vue de la résistance à la marche, on se heurte à des difficultés d'un autre ordre. Il n'est pas douteux que, pour réduire cette résistance et obtenir les grandes vitesses qui conduisent à des voilures relativement petites, il faudrait faire de la nacelle une carène fermée en forme de cigare, et reliée à la voilure d'une façon rigide : mais alors réapparaitront les phénomènes de déversement, auxquels on échappait par la suppression du ballon. Si, pour réduire ce déversement, on applique la voilure sur une armature formant l'épine dorsale du cigare, on a une sorte de grand oiseau *(fig. 19)* : mais le couple stabilisateur est alors beaucoup réduit, ce qui est un gros inconvénient. Le problème est modifié, mieux posé peut-être, mais non simplifié.


Fig. 19

Ce problème, la Nature l'a merveilleusement résolu avec l'oiseau, dans des conditions d'ailleurs beaucoup moins dures que celles imposées à l'aéroplane-navire. Tout d'abord, en effet, l'oiseau, — qui est un véritable aéroplane animé, ainsi que Pénaud, Drzewiecki et moi-même l'avons démontré, sans doute possible, — l'oiseau, dis-je, pèse notablement moins que les aéroplanes destinés à ne porter qu'un ou deux passagers : une vitesse modérée suffit à lui donner une réaction sustentatrice égale à son poids ; il faut à l'homme, pour des vitesses analogues, des voilures beaucoup

plus considérables, néanmoins légères et résistantes, ou bien des vitesses plus grandes si l'on veut ramener la voilure à des dimensions raisonnables.

Et ce n'est pas la seule difficulté du problème. L'aéroplane est soumis à d'autres exigences que je vous ai indiquées dans ma Communication de 1897 (1). Je n'en rappellerai que deux : la faible inclinaison de la voilure et la stabilité.

Loi des faibles inclinaisons. — Un calcul élémentaire montre que, même avec les moteurs les plus légers, l'inclinaison de la voilure doit se maintenir entre des limites très rapprochées : si le courant d'air la frappe en dessus, c'est la chute rapide, presque verticale, c'est la catastrophe qui mit fin brutalement aux si curieuses expériences d'Otto Lilienthal ; s'il la frappe en dessous, mais sous un angle supérieur à quelques degrés, c'est l'insuffisance de la réaction sustentatrice, c'est la chute plus ou moins lente suivant une trajectoire inclinée. Il faut donc, pour résoudre le problème, maintenir, *d'une façon certaine*, l'inclinaison entre des limites espacées de quelques degrés seulement ; il le faut, en dépit des variations du vent, en dépit du tangage, du déversement, de la flexibilité des matériaux qui composent l'aéroplane. Pour qui n'est-il pas évident qu'une telle nécessité est une des grosses difficultés du problème ?

Cette loi des faibles inclinaisons se fait plus douce pour l'oiseau, grâce à la qualité sustentatrice vraiment extraordinaire de ses ailes, qui valent un nombre considérable de fois la surface plane sur laquelle on les projetterait, et grâce à son instinct, qui modifie sûrement et rapidement, suivant les besoins, l'inclinaison, l'étendue et la concavité de la voilure. L'homme découvrit-il la loi des profils à donner à des surfaces concaves pour obtenir un grand effet sustentateur, qu'il y aurait un danger d'autant plus grand à s'embarquer sur un navire muni d'une telle voilure, puisque toute modification imprévue en cours de route se traduirait par une diminution d'autant plus notable de la réaction verticale.

De la stabilité. — Les aviateurs se persuadent volontiers qu'on résoudra la question de la stabilité en copiant les dispositifs employés par la Nature, et qui sont en gros les suivants :

En plein vol ou dans le vol plané, les ailes de l'oiseau forment

(1) *Le problème général de la navigation aérienne*, Bulletin d'Août 1897.

une sorte de dièdre dont l'arête est du côté du sol : si donc l'oiseau vient à pencher vers la droite et ne se soutient plus, il amorce une chute qui provoque sous l'aile droite une réaction plus forte que sous l'aile gauche, ce qui le ramène à sa position naturelle. Ainsi se trouve résolue la question de la stabilité transversale.

Quant à la stabilité longitudinale, on sait que le centre de pression C sur une voilure se rapproche d'autant plus du bord d'attaque que la voilure fait un angle plus faible avec le courant : si donc l'inclinaison vient à augmenter ou à diminuer, le centre de pression n'est plus sur la verticale du centre de gravité G, il recule ou avance, et la force sustentatrice, appliquée en C, forme un couple avec le poids de l'aéroplane, appliqué en G ; ce couple ramène l'inclinaison à ce qu'elle était précédemment.

En réalité, les phénomènes sont plus complexes. Ainsi, entre autres choses, le déversement longitudinal provoquerait, sur la carène que forme le corps de l'oiseau, des effets perturbateurs analogues à ceux que j'ai signalés au paragraphe sur le déversement des dirigeables, si ces effets n'étaient enrayés par une sorte de canalisation de l'écoulement de l'air sous les ailes, par le déplacement instinctif des pattes, et par l'intervention de la queue, dont j'ai signalé plus haut le rôle intéressant. Et puis, en fin de compte, l'oiseau pourrait se permettre, dans le temps où la sustentation est accidentellement insuffisante, de se laisser choir et de prendre la vitesse nécessaire; tous ceux qui ont vu les chutes foudroyantes des oiseaux de proie, leurs élégantes *ressources* dans les passades successives auxquelles ils se livrent pour lier et trousser leurs victimes, comprennent que la chute ne constitue point un très grand danger pour l'oiseau. Il n'en est pas de même pour le navire aérien, où les appareils automatiques les plus perfectionnés, outre qu'ils viendront augmenter le poids, ne vaudront jamais l'instinct; d'ailleurs, par sa destination même, ce navire ne peut raisonnablement se mouvoir que dans des plans horizontaux ou très faiblement inclinés.

Cette rapide analyse ne vous montre, Messieurs, que les difficultés principales en cours de route, auxquelles viendraient s'ajouter, tout particulièrement, celles qui résultent du lancement et de l'atterrissage. Ces difficultés sont telles que l'Ingénieur, qui peut s'enorgueillir de tant de résultats merveilleux réalisés dans le dernier siècle, hésite à dire qu'il en viendra à bout. Il

n'y parviendra que par une préparation méthodique, en fouillant davantage les lois de l'Aérodynamique, qui recèle encore tant de secrets, en instituant des expériences progressives dans des conditions de sécurité acceptables, par exemple avec des aéroplanes mixtes, c'est-à-dire munis d'une bouée de sauvetage sous les espèces d'un ballon. Et comme les conditions sont très différentes pour l'aéroplane-navire et pour l'aéroplane-oiseau, il devra s'affranchir de copier celui-ci, ne demander à l'étude du vol que des indications, d'ailleurs précieuses, et chercher une solution de ce grand problème mécanique dans l'emploi judicieux des procédés propres à la Mécanique, qui met d'ailleurs à sa disposition des organes d'un rendement et d'une puissance incomparablement supérieurs à ceux des organes animés. C'est ainsi qu'il faudra, avant tout, proscrire les battements d'ailes, qui compliqueraient singulièrement et inutilement le maintien de la faible inclinaison ainsi que la stabilité : la Nature y recourt parce que le mouvement alternatif est le seul moyen de mettre en œuvre l'énergie musculaire, mais il serait aussi illogique d'imiter le mouvement des ailes dans les aéroplanes que d'imiter le mouvement des jambes dans les automobiles.

Parmi les moyens propres à rendre moins précaires la stabilité et le maintien de l'inclinaison, il en est un qui consiste à remplacer la voilure plane de grandes dimensions par un système de lames convenablement courbées et allongées comme le sont les ailes de l'oiseau. Tout d'abord, avec ce dispositif, la réaction de l'air par unité de surface est beaucoup plus considérable pour une inclinaison donnée : Wenham, Phillips, Otto Lilienthal surtout, ont fait des expériences significatives à ce sujet; d'autre part, les variations de l'inclinaison n'entraînent pas des variations aussi accusées dans la direction de la résultante et, par conséquent, dans la valeur de la composante sustentatrice *(fig. 20)* : pour ces deux causes, le tangage peut avoir

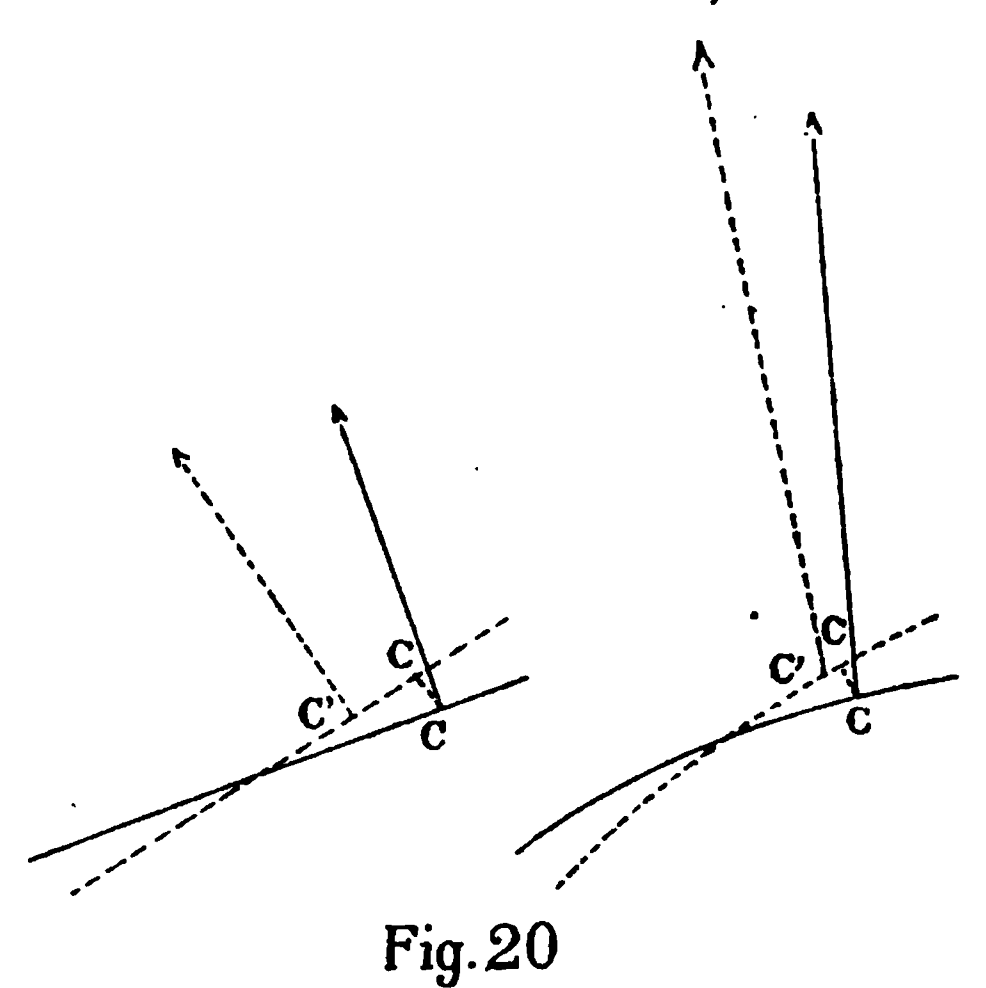


Fig. 20

une oscillation plus grande sans que la chute en résulte. Enfin les oscillations d'un plan de surface donnée donnent des déplacements CC′ du centre de pression d'autant moins accusés que ce plan est plus allongé dans le sens transversal.

M. Phillips a construit, suivant ce principe, un intéressant aéroplane dont j'ai donné une vue dans mon Mémoire de 1897; malheureusement, la sécurité est nulle, et il conviendrait soit d'adjoindre aux lames une large voilure faisant parachute en cas de besoin, ce qui enlèverait une partie du bénéfice qu'on retire du dispositif à lames, soit de combiner le système lamellaire d'une façon différente.

Pour terminer, je rappelle que j'ai indiqué, en 1897, un moyen, du reste un peu lourd, d'assurer le maintien de la voilure entre les limites d'inclinaison nécessaires : ce moyen consiste à utiliser la permanence de l'axe de rotation des disques tournants.

AÉRODYNAMIQUE

Considérations générales. — L'étude rationnelle du navire aérien, ballon dirigeable ou aéroplane, implique la connaissance des lois de la résistance de l'air. C'est à elles qu'on devrait demander la détermination des carenes, des surfaces sustentatrices et des propulseurs. Malheureusement on ne connait même pas, d'une façon exacte, les lois de la résistance de l'air qui concernent le plan.

Les lois élémentaires de l'Hydrodynamique sont, du reste, aussi peu connues ; la théorie de l'hélice marine est toujours à faire, et la discussion du rôle exact de ses divers éléments remplissait encore une partie des séances du dernier Congrès de l'Association technique maritime; on n'a que des notions d'ensemble sur la résistance des carènes; on n'est pas absolument fixé sur la grandeur et la position de la réaction des gouvernails plans.

Il est bien digne de remarque que, malgré cette ignorance des lois les plus simples, on ait poussé aussi loin la technique du navire ; et, si l'on s'en tenait à cette constatation, on en conclurait sans doute au même privilège pour le navire aérien. Mais il faut se défier des déductions par analogie ; en l'espèce, la conclusion précédente ne serait qu'à moitié exacte. Assurément on a pu et l'on pourra construire des ballons dirigeables en n'ayant

qu'une connaissance très imparfaite des lois de l'Aérodynamique : cela tient simplement à ce que ces navires constituent des bouées aériennes, comme les bateaux constituent des bouées marines, ce qui permet aux inventeurs sérieux de chercher progressivement la bonne voie, aux amateurs d'entrer en lice sans courir d'autres dangers que ceux-là mêmes qui résultent de la fantaisie de leurs conceptions. Mais il n'en va plus ainsi avec les aéronefs plus lourds que l'air, et c'est la cause qui empêchera, longtemps encore, leur réalisation; avec eux, des données techniques moins imprécises sont nécessairès, car toute faute dans leur établissement entraîne une catastrophe; fort heureusement pour ceux qui se proposent de les monter, ils ont la sagesse de se refuser à quitter le sol.

Préface indispensable de l'Aviation, l'Aérodynamique est de la plus grande utilité pour le développement de la direction des aérostats, qui, en retour, permettront d'instituer les meilleures expériences pour en pénétrer les lois. En particulier, ce que j'ai dit sur le déversement prouve à quel point il est intéressant de faire de telles expériences, non pas avec les appareils de dimensions ridiculement faibles qu'on a employés jusqu'ici, mais dans les conditions mêmes où la technique devra les appliquer. A un point de vue plus général, l'Aérodynamique s'impose chaque jour à l'attention des ingénieurs dans les spécialités les plus diverses : elle intéresse le matériel d'artillerie; elle intervient dans la ventilation, dans les utilisations si multiples de l'air comprimé; elle sollicite les études des nombreux ingénieurs qui ont charge d'assurer la locomotion à grande vitesse, aussi bien sur routes que sur rails, dans l'air que sur l'eau : c'est ainsi qu'on a vu s'accroître, dans des proportions inquiétantes, la résistance que l'air oppose à la marche des trains, à mesure que croissaient les vitesses sur les voies ferrées.

L'Aérodynamique touche donc à un grand nombre de problèmes d'un indiscutable intérêt pratique, et il est éminemment désirable qu'on en découvre les lois générales. Or, à l'heure actuelle, il n'existe pour ainsi dire pas d'étude systématique ayant un caractère d'ensemble. Ainsi, les données sur les propulseurs, — du moins celles qui ont été publiées, et parmi lesquelles il convient de signaler les recherches du colonel Renard, — se rapportent toujours à des essais au point fixe, alors qu'il faudrait opérer sur des hélices à pas modifiable propulsant réellement des appareils dont on ferait varier successivement le coeffi-

cient de résistance, par exemple en propulsant, avec une hélice aérienne, des bateaux légers sur un lac, dans la direction du vent. Ainsi encore, les célèbres expériences de M. Langley sur le plan, en vue d'asseoir la technique de l'aéroplane, ne donnent que des résultats bruts sur des rectangles de dimensions exiguës : bien que le riche Smithsonian Institut ait alloué, dit-on, plusieurs centaines de mille francs pour ces recherches, il est difficile d'y démêler des enseignements, tant pour la construction d'aéroplanes capables de porter des passagers que pour les lois générales qui règlent le mode d'écoulement de l'air.

En France, la Commission permanente internationale d'Aéronautique, instituée par le Congrès de 1900, a chargé une Sous-Commission de réunir des documents sur toutes les recherches de valeur qui ont été faites, et de procéder, dans la mesure des ressources qu'elle pourra trouver, à des expériences nouvelles, ayant surtout pour but de donner à l'ingénieur les indications numériques et techniques qui lui font presque totalement défaut. Cette Sous-Commission comprend des hommes de haute valeur, le colonel Renard, président, MM. Cailletet, Janssen, Marey, Mascart, membres de l'Académie des Sciences, pour ne citer que les plus connus. Si, d'aventure, les ressources pécuniaires lui permettent de réaliser le programme qu'elle s'est tracé, je me ferai un plaisir de vous entretenir de ses travaux sur ces délicates questions que j'ai déjà eu l'occasion d'aborder devant vous, ce qui m'a valu l'honneur d'être nommé rapporteur général, avec la collaboration, pour la partie bibliographique, de l'érudit M. Hervé, l'inventeur des appareils récemment expérimentés à bord du *Méditerranéen*. D'ores et déjà je puis dire que des programmes d'expériences remarquablement conçus ont été présentés, notamment par M. Drzewiecki, l'ingénieur bien connu par ses travaux sur l'hélice et les sous-marins.

En attendant cette Communication éventuelle, je voudrais vous montrer aujourd'hui, par quelques exemples très simples, à quel point le mode d'écoulement de l'air domine toute l'Aérodynamique. C'est seulement en cherchant à s'en rendre compte qu'il est possible d'arriver à prévoir les résultats expérimentaux ou à en expliquer les particularités.

Déplacement orthogonal du plan.

Considérons, tout d'abord, un disque circulaire qui se déplace avec une vitesse uniforme, de façon à engendrer un cylindre dont il constitue à chaque instant une section droite. L'air n'est troublé qu'à l'intérieur d'un autre cylindre semblable C ayant même axe (*fig. 21*). Si l'on repère, à un instant quelconque, les filets fluides par rapport au disque, les filets extérieurs à C sont parallèles à l'axe du cylindre, tandis que les filets intérieurs sont tels que *abc*, *def*, etc. A l'amont, ils emprisonnent plus ou moins complètement une certaine masse d'air *m*, qui transmet au disque la pression due à l'étranglement des filets déviés, en outre, il se forme dans cette masse des remous, dont les effets dynamiques interviennent dans la valeur de la résistance. A l'aval, il y a un appel d'air, qui décharge partiellement la surface arrière, ce qui augmente la pression totale sur le disque; mais, là encore, il se forme des remous, qui produisent des effets dynamiques fonction de la vitesse avec laquelle les molécules voisines du disque se précipitent dans l'air raréfié. En résumé, la marche du disque donne naissance, d'une part à des filets continus compris à l'intérieur d'un cylindre C, d'autre part à des sortes de proue et de poupe fluides, sièges de continuels remous.

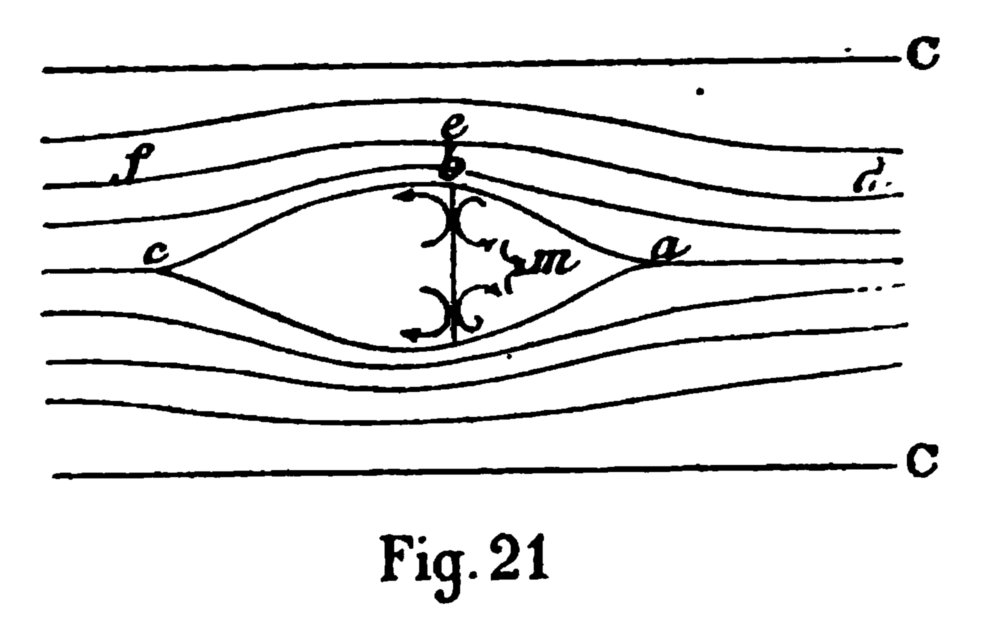


Fig. 21

Si l'on connaissait exactement ces filets et ces remous, on pourrait, comme l'a tenté H. Résal en Hydrodynamique (1), chercher à en déduire la pression sur le plan par l'évaluation de la force vive totale. Malheureusement, aussi bien dans l'air que dans l'eau, on est réduit aux hypothèses sur les mouvements du fluide. Toutefois, nous allons tirer quelques considérations intéressantes de la simple analyse qui précède.

Voyons l'influence de la vitesse et de la surface du disque, en faisant varier successivement chacun de ces éléments.

(1) H. Résal, membre de l'Institut, *Traité de Mécanique générale*, t. II.

1° *Vitesse.* — Supposons d'abord que, le disque restant le même, la vitesse de l'air devienne plus grande. Il en résultera un autre cylindre C et des filets analogues, mais on ne connaît pas la loi de leurs déformations en fonction de la vitesse. Sans doute la pression avant croît avec V; quant à la dépression arrière, elle est composée de deux termes principaux qui ont des effets de sens inverse, l'un dû à la raréfaction, l'autre dû à la force vive des molécules qui se précipitent dans l'air raréfié; sa valeur absolue tend d'ailleurs vers une limite, qui est la pression correspondant au vide absolu : elle ne commence, vraisemblablement, à en être assez rapprochée qu'à de très grandes vitesses, puisque la vitesse avec laquelle l'air se précipite dans le vide est de 416 *m/s*, d'après le colonel Duchemin.

La loi suivant laquelle la résistance totale serait proportionnelle au carré de la vitesse ne peut donc être mathématiquement exacte. En admettant que la pression avant soit proportionnelle à V^2, il n'en est certainement pas de même de la pression arrière; mais celle-ci peut être sensiblement proportionnelle à V^2 pour les vitesses où elle est encore très éloignée de sa limite, et, d'autre part, elle a peu d'influence par rapport à la pression avant pour les très grandes vitesses. On conçoit donc que la loi $R = KV^2$ puisse être sensiblement exacte de o à m et de n à ∞, avec un trouble plus ou moins profond dans la région mn.

C'est en effet ce qui se passe, et je montrerai, dans une étude spéciale, que la loi de la résistance de l'air, pour un solide donné, est de la forme :

$$R = KV^2 e^{f(V,a)}.$$

a étant la vitesse du son : aux vitesses inférieures à 80 *m/s* ou supérieures à 600 *m/s* (limites qui encadrent a), le facteur correctif $e^{f(V,a)}$ peut s'écrire $\alpha - \beta V$, α et β étant des coefficients numériques dont les valeurs dépendent de l'intervalle dans lequel évolue la vitesse. Dans l'étendue des vitesses accessibles à la navigation aérienne, ainsi qu'aux très grandes vitesses, β est très petit, et, dans ces régions, l'on peut considérer le facteur correctif comme constant entre deux vitesses espacées d'une centaine de mètres : ainsi il ne varie que d'environ 1 0/0 entre 5 et 20 *m/s*. La loi du carré est donc alors applicable. Elle est surtout troublée entre 80 et 600 *m/s*, vitesses qui n'intéressent guère que la Balistique, et que nous n'avons pas à envisager ici.

2° *Surface*. — Supposons maintenant que, la vitesse restant la même, le rayon du disque double, c'est-à-dire que la surface devienne quatre fois plus grande. La résistance va-t-elle quadrupler? Rien ne nous autorise à le dire, car, ici encore, nous ignorons la loi de déformation des filets fluides, et nous ne pouvons pas même affirmer que le rayon de la section droite du cylindre C ait doublé.

Les expériences manométriques de Marey prouvent même le contraire (1). Représentons la pression totale p (pression à l'avant et pression à l'arrière) qui s'exerce en chaque point du disque par une perpendiculaire de longueur proportionnelle à cette pression (*fig. 22*). Marey trouva que p est sensiblement constant pour les points à l'intérieur d'une certaine circonférence de rayon $r - e$, mais qu'il décroît dans la couronne annulaire jusque sur les bords du disque. Si l'on admet que cette sorte de perte marginale s'exerce sur une épaisseur sensiblement constante e, — ce qui paraît assez vraisemblable pour des disques dont le rayon r est assez supérieur à e, — la perte, rapportée à l'unité de surface, est sensiblement proportionnelle à $\frac{2\pi re}{\pi r^2}$, soit à $\frac{1}{r}$; elle affecte donc les petites surfaces plus que les grandes.

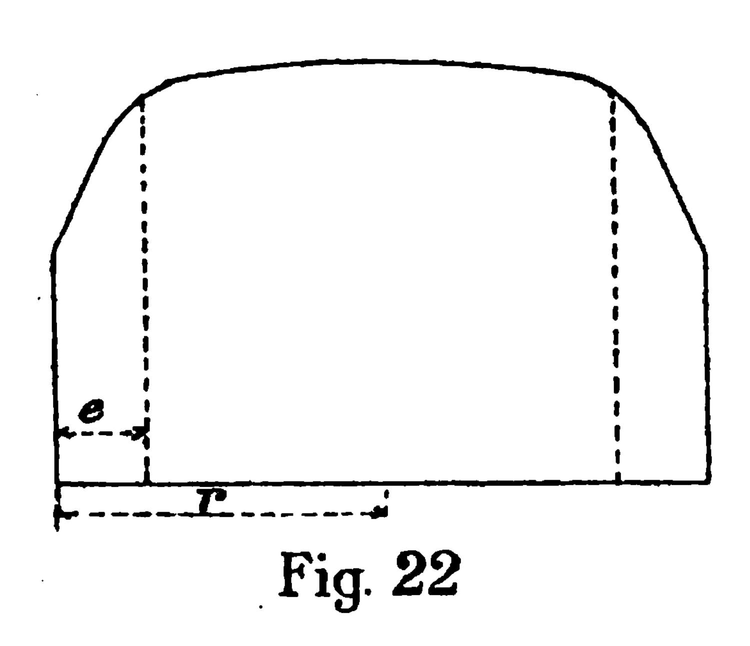


Fig. 22

Les expériences de notre Collègue M. Canovetti (2) sont d'accord avec cette prévision. Nous pouvons toujours mettre la résistance sous la forme $R = KSV^2$, K étant un coefficient qui variera suivant les conditions de l'expérience, si la proportionnalité de la résistance à la surface et au carré de la vitesse n'est pas rigoureusement exacte; en exprimant R en *kg*, S en *mq*, V en *m/s*, K est la résistance en *kg*, *conventionnellement* ramenée à l'unité de surface et de vitesse. M. Canovetti a trouvé pour K 0,084 à 0,09 avec des disques de 1/5ᵉ de mètre carré, 0,08 environ avec des disques de 1/15ᵉ de mètre carré, se déplaçant à des vitesses de 5 à 10 *m/s;* de sorte qu'en remplaçant le grand disque par trois petits disques ayant même surface totale, on diminue la résistance d'environ 10 0/0.

(1) MAREY, de l'Institut, *le Vol des oiseaux*, p. 215.
(2) *Société d'Encouragement*, bulletin de juillet 1899.

Des expériences de Marey on pourrait conclure que le coefficient K augmente pour les formes qui ont le plus petit périmètre à égalité de surface, et qu'il est par conséquent maximum pour la forme circulaire. En fait, les expériences de M. l'abbé Le Dantec (1) sur trois surfaces de 1 m^2, l'une circulaire, l'autre carrée, la troisième triangulaire, ont donné des résultats contraires à cette conclusion.

Cette contradiction s'explique par la différence dans le mode d'écoulement de l'air, qui domine, comme je le disais, toute l'Aérodynamique. Comme M. Le Dantec le remarque lui-même, les remous que forme l'air pour passer d'avant en arrière, en tourbillonnant sur les bords, sont d'autant plus nombreux que le périmètre est plus grand ; d'autre part, alors que, par raison de symétrie, ils ont une action régulière sur le disque, ceux qui viennent de deux côtés voisins du carré ou du triangle s'entrechoquent sur la bissextrice de l'angle, et forment des remous secondaires, qui augmentent la résistance.

D'une série d'expériences faites sur ce groupe unique de trois surfaces, à une seule vitesse, l'auteur a cru pouvoir déduire la loi suivante, qu'il appelle loi des périmètres : l'augmentation de la résistance est proportionnelle à l'augmentation du périmètre. En réalité, cette influence est beaucoup moins simple. Ainsi, il est évident que les remous secondaires, auxquels j'attribue la plus large part des résultats ci-dessus, s'exercent sur une longueur, comptée sur la bissextrice des angles, qui augmente avec la vitesse, mais qui, à vitesse égale, a une influence relative d'autant plus faible que la surface est plus grande.

De cette brève analyse, il résulte que le coefficient K, tel qu'il a été défini ci-dessus, n'est pas une constante : il varie plus ou moins avec la grandeur absolue et la forme de la surface, de sorte qu'on a $K = \varphi(S,V)$, expression dans laquelle les deux variables S et V ne sont généralement pas disjointes. D'une façon générale, dans le déplacement orthogonal, la perte marginale, les remous principaux et les remous secondaires exercent une action relative beaucoup moindre sur les grandes surfaces que sur les petites.

Voici un cas où le raisonnement permet d'affirmer la proportionnalité presque rigoureuse de R à S, pour une vitesse déterminée : considérons *(fig. 23)* un rectangle très allongé, de telle

(1) *Société d'Encouragement*, bulletin de juillet 1899.

sorte que l'écoulement s'effectuera dans des plans perpendiculaires aux grands côtés, sauf dans les régions de faible étendue attenant aux petits côtés. L'écoulement est alors le même dans deux plans tels que P et Q, et, si l'on représente la pression en chaque point par une verticale, on a un cylindre, sauf aux deux extrémités. Quelle que soit la surface qui limite ce cylindre, il est clair que, si l'on augmente progressivement les grands côtés, le volume représentatif de la pression totale sera proportionnel à S dès que la perte marginale aux deux bouts sera négligeable par rapport au volume total, c'est-à-dire dès que le plan sera suffisamment allongé.

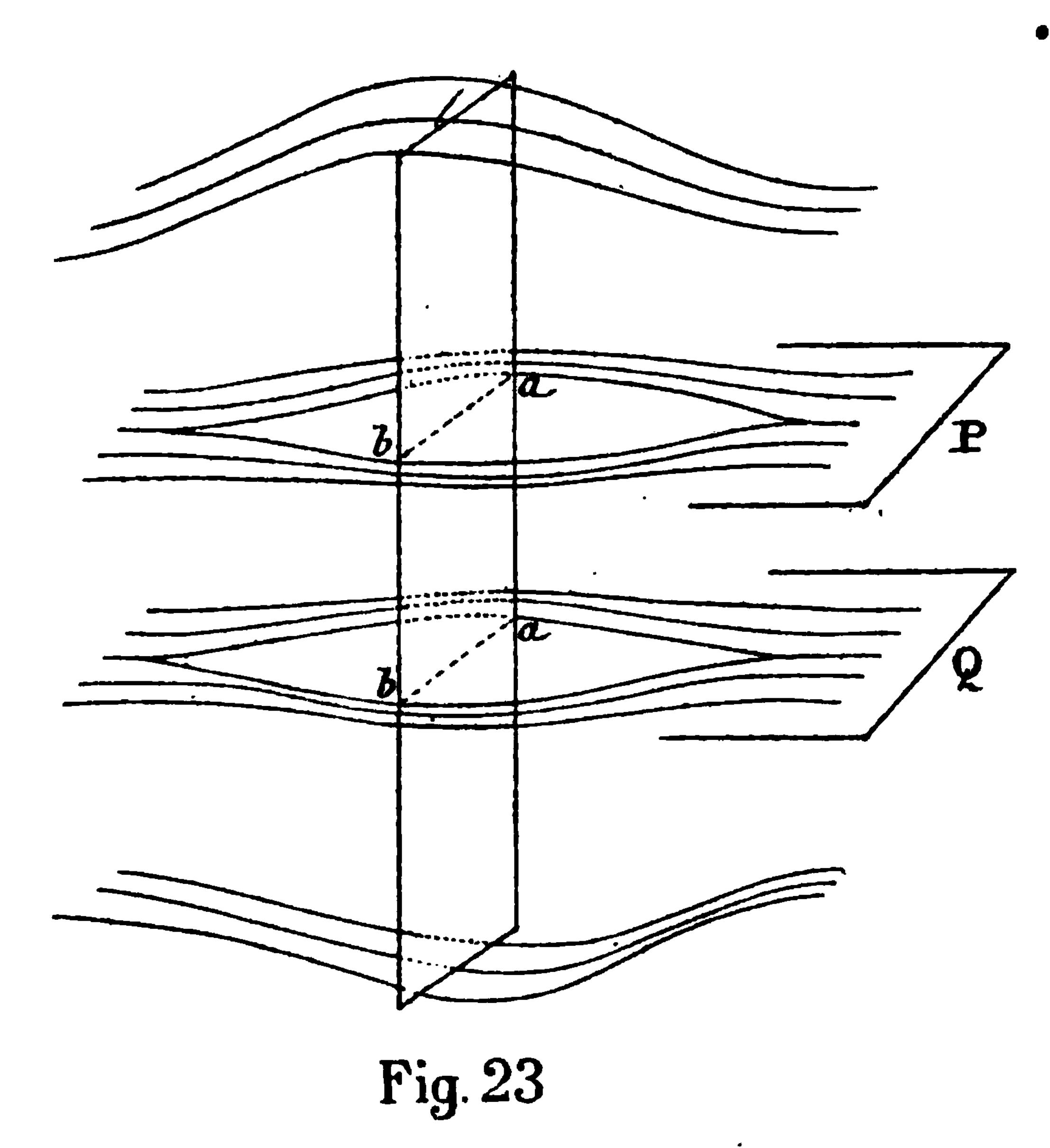


Fig. 23

Déplacement oblique du plan.

Le déplacement oblique met davantage encore en lumière l'influence prépondérante du mode d'écoulement, et présente des particularités dont l'ingénieur pourra tirer le plus grand profit pour l'étude des surfaces courbes allongées dans le sens des ailes et leur application aux aéroplanes.

Soit *(fig. 24)* un plan rectangulaire de surface $l \times h$ qui se déplace en faisant un angle i avec la trajectoire de son centre, les côtés h étant parallèles à la projection orthogonale AB $= h$ de cette trajectoire sur le plan, c'est-à-dire à l'axe de symétrie sur lequel se meut le centre de pression quand varie i; les côtés l

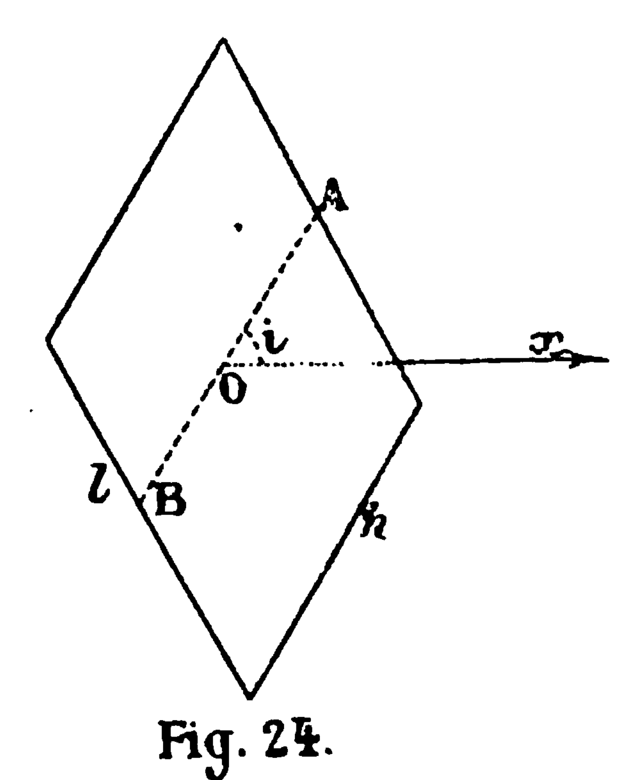


Fig. 24.

sont donc perpendiculaires au plan de symétrie AB,Ox (1). Une partie de l'air s'écoule par les côtés l, une autre partie par les côtés h. Considérons, en particulier, l'écoulement dans le plan de symétrie. Les filets ont des formes analogues à celles qui sont représentées par la figure 25. Quelques-uns s'écoulent

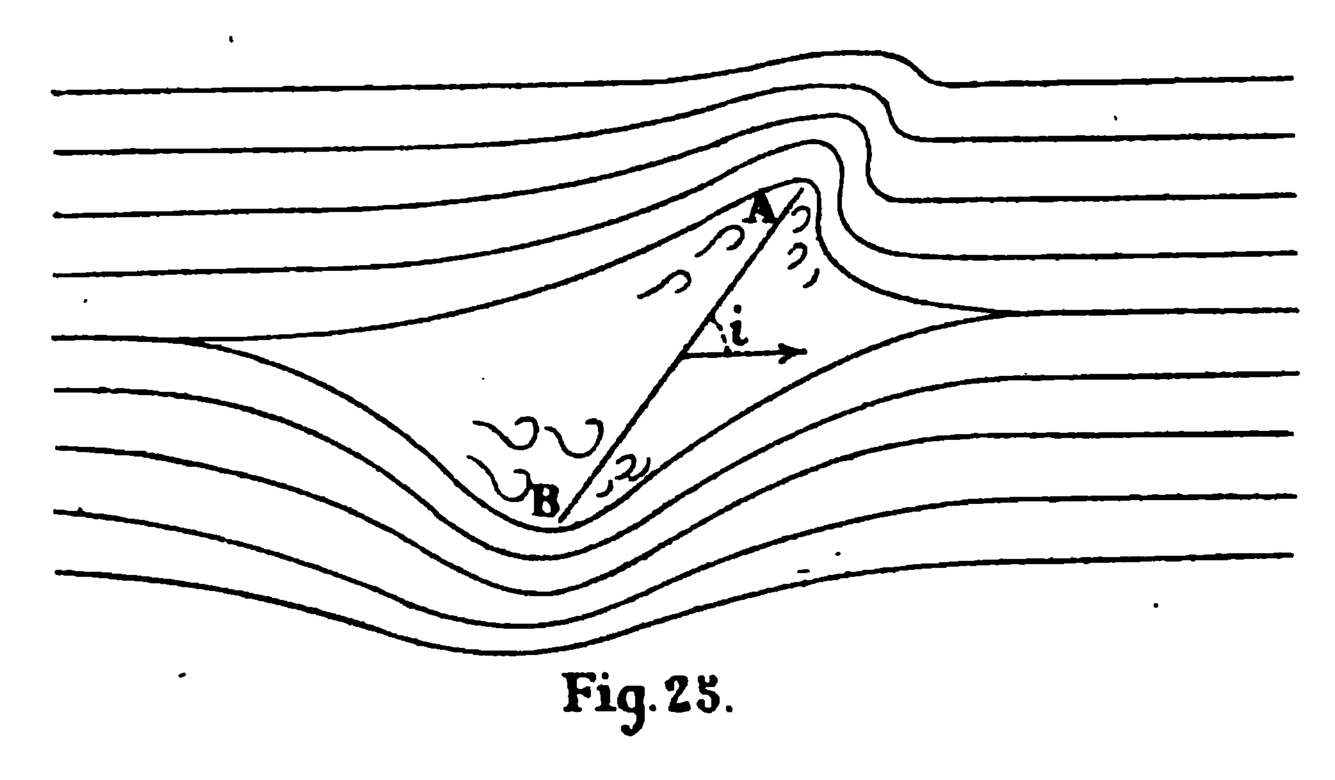


Fig. 25.

par l'arête A ; l'obstacle qu'oppose le plan reçoit, par l'intermédiaire du matelas d'air interposé, une notable partie de la force vive des molécules qui composent les filets, et ces molécules, ayant ainsi beaucoup perdu de leur vitesse, peuvent être et sont, en réalité, fortement déviées ; après avoir franchi l'arête A, elles sont refoulées à l'arrière, où se produit une aspiration. L'obstacle est moindre du côté de l'arête B, à cause de l'inclinaison fuyante du plan sur la direction générale des filets : aussi s'en écoule-t-il un plus grand nombre de ce côté ; ces filets exercent, tout au moins sur la partie inférieure du plan, une sorte d'effet de turbine, comme s'ils cherchaient à s'inscrire dans une aube, et la pression unitaire moyenne qui en résulte est évidemment beaucoup plus petite que du côté de l'arête A. Il arrive même, pour certaines inclinaisons, que les filets internes viennent lécher le plan, pour s'en éloigner ensuite momentanément, ce qui produit une aspiration dans une région a (*fig.* 26) : ce fait est très net dans quelques-unes des expériences,

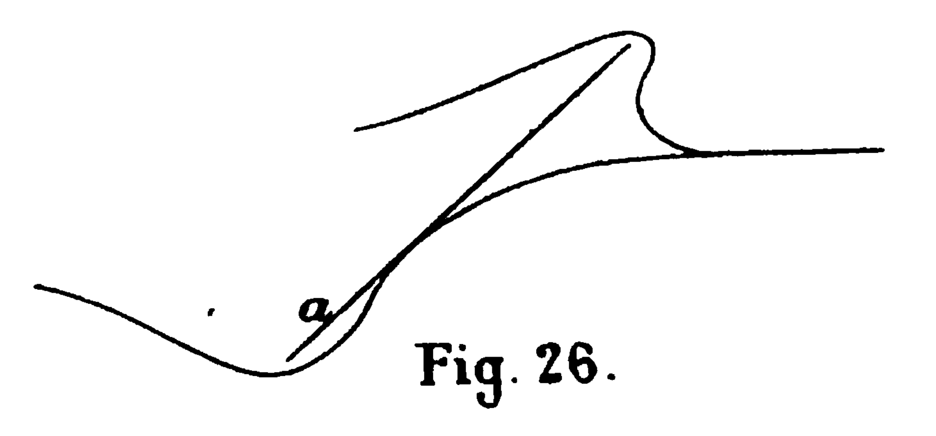


Fig. 26.

(1) Dans tout ce qui va suivre, les lettres l et h auront toujours cette signification et la dernière dimension indiquée désignera la longueur de l'axe de symétrie : ainsi, le plan $1 \times 0{,}50$ sera le plan ayant $AB = 0{,}50$.

peu connues, de MM. Irminger, Directeur des usines à gaz de Copenhague, et Vogt, expérimentateur naval (1895).

On voit donc que, dans la tranche centrale, le centre de pression se trouve en un point *c* beaucoup plus près de A que de B. Considérons maintenant des tranches parallèles à celle-là : suivant que *l* sera plus ou moins grand par rapport à *h* et que la nouvelle tranche sera plus ou moins éloignée du côté *h* le plus voisin, les filets resteront plus ou moins dans cette tranche ; près des côtés *h*, l'écoulement se fera dans des plans sensiblement perpendiculaires à ces côtés, au lieu de se faire dans des plans parallèles au plan de symétrie. En général, la projection orthogonale des centres de pression de chaque tranche sur le plan sera une courbe telle que *mcm* (*fig.* 27).

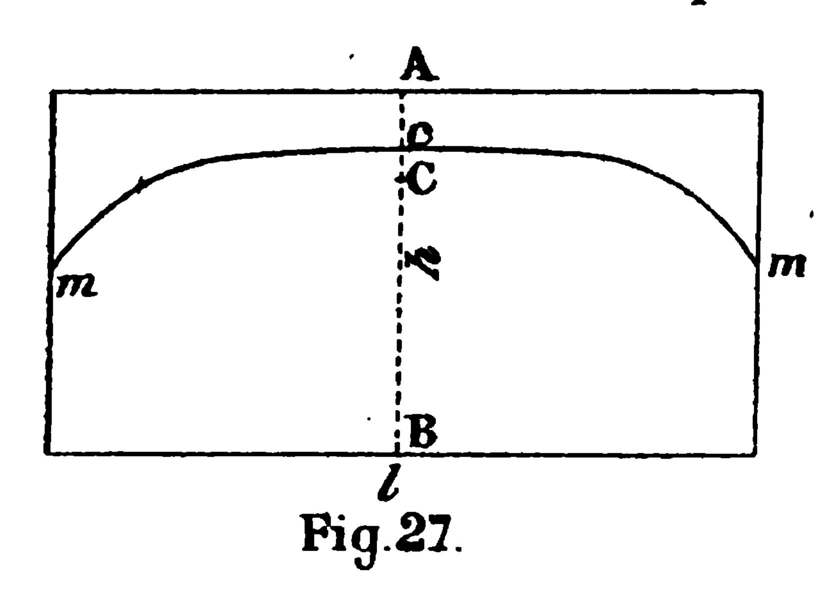


Fig. 27.

La pression totale est normale au plan : désignons par N cette pression, et par x la distance CA de son point d'application au bord d'attaque du plan. De l'analyse qui précède, il résulte que N et x dépendent très directement de la valeur absolue et du sens de l'allongement du plan.

Il en résulte encore qu'il y a grand avantage, ainsi que je l'ai dit plus haut, à substituer, dans les aéroplanes, aux plans de grandes dimensions des dispositifs en persiennes ayant même surface totale et, par suite, sensiblement même poids. En remplaçant le rectangle $l \times h$ par n rectangles $l \times \frac{h}{n}$ (*fig.* 28), on augmente en effet notablement la poussée dynamique totale qui

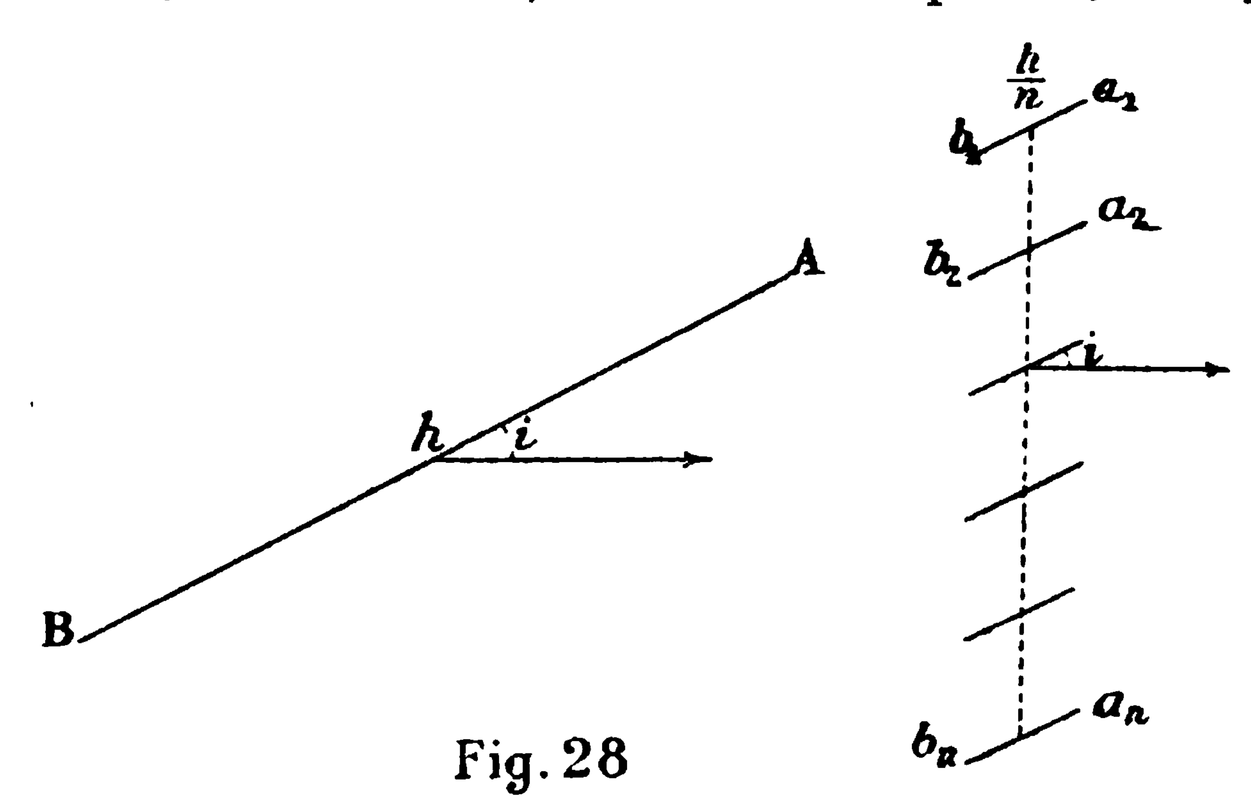


Fig. 28

s'exerce sur les arêtes d'attaque *a*, tandis qu'on diminue l'effet de turbine, d'utilisation beaucoup plus médiocre : la pression totale, et par suite la composante sustentatrice, sont donc beaucoup accrues. On pourrait encore expliquer, par des considérations de même ordre, pourquoi l'effet de la voile d'un bateau est augmenté, sous certains angles de vent, quand on pratique dans cette voile des ouvertures convenables, bien qu'on diminue ainsi la surface.

Revenons au rectangle $l \times h$. Jusqu'à ces dernières années on n'a nullement tenu compte de l'allongement dans la détermination de la résistance, tant en grandeur qu'en position. Sa valeur N_i pour l'inclinaison i était calculée par rapport à la résistance orthogonale N_{90} à l'aide de formules indépendantes de l'allongement; on s'entendait d'ailleurs assez mal sur les formules à appliquer, qui résultaient d'expériences plus ou moins bien faites sur des carrés, ou des rectangles s'éloignant peu de la forme carrée; en particulier, les controverses stériles entre les partisans de la loi dite du sinus carré et ceux de la loi dite du sinus simple ont rempli nombre de séances des cénacles où l'on a, trop souvent jusqu'ici, discuté des choses de l'Aéronautique.

Ce sont les théories de Newton et d'Euler qui avaient conduit à la formule du sinus carré :

$$\frac{N_i}{N_{90}} = \sin^2 i,$$

aussi bien pour l'air que pour l'eau. Mais il fallut l'abandonner dès que les expériences furent faites avec tant soit peu de rigueur. On se rejeta alors sur la loi du sinus simple :

$$\frac{N_i}{N_{90}} = \sin i.$$

Le colonel anglais Mark Beaufoy, dont les nombreuses et intéressantes expériences sur des solides de toutes formes remontent à la fin du XVIIIe siècle, conclut que, dans l'eau, il convenait de prendre la première formule pour les plans fortement inclinés, et la seconde pour les faibles inclinaisons. De son côté, lord Rayleigh donna la formule :

$$\frac{N_i}{N_{90}} = \frac{2\pi \sin i}{4 + \pi \sin i},$$

qui ne peut convenir, *a priori*, tout au moins en tant qu'expression générale, puisque pour $i = 90°$ le second nombre diffère de l'unité. Pour satisfaire à cette condition, Gerlach prit :

$$\frac{N_i}{N_{90}} = \frac{(4 + \pi) \sin i}{4 + \pi \sin i},$$

et la formule ainsi modifiée est volontiers employée en Angleterre et en Allemagne.

En France, notamment dans les cours de l'École d'application du Génie maritime, on a adopté la formule donnée par Joëssel, Ingénieur de la marine, à la suite d'expériences faites dans la Loire, à Indret, sur un plan de $0{,}30 \times 0{,}40$ *m*,

$$\frac{N_i}{N_{90}} = \frac{\sin i}{0{,}39 + 0{,}61 \sin i}.$$

Pour l'air, on préfère, à juste titre comme nous le verrons, la formule donnée par le savant colonel Duchemin :

$$\frac{N_i}{N_{90}} = \frac{2 \sin i}{1 + \sin^2 i},$$

que j'écrirai, en vue de ce qui sera dit plus loin :

$$\frac{N_i}{N_{90}} = \sin i \left(1 + \frac{1}{1 + 2 \operatorname{tg}^2 i}\right).$$

Plus récemment, la discussion des expériences de Vince, Hutton et Thibaut conduisit le colonel Renard à la formule :

$$\frac{N_i}{N_{90}} = \sin i \,[a - (a - 1) \sin^2 i],$$

a étant un nombre plus grand que 1, et probablement égal à 2. Prenons $a = 2$, et écrivons cette formule :

$$\frac{N_i}{N_{90}} = \sin i \left(1 + \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 i}\right).$$

Elle diffère de celle de Duchemin par le coefficient de $\operatorname{tg}^2 i$.

Voilà pour la grandeur N_i de la résistance. Les formules sont plus rares en ce qui concerne sa position ; on la détermine, aussi

bien pour l'air que pour l'eau, par la formule d'Avanzini ou par la formule de Joëssel, qui résultent toutes deux d'expériences dans l'eau. Cette dernière formule est :

$$\frac{x_i}{x_{90}} = 0{,}39 + 0{,}61 \sin i,$$

où l'on a nécessairement $x_{90} = \frac{h}{2}$. C'est même de cette formule expérimentale et de la relation :

$$\frac{N_i x_i}{\sin i} = \text{constante},$$

à laquelle satisfaisait à peu près le moment $N_i x_i$, directement mesuré dans les expériences d'Indret, que Joëssel déduisit la loi donnée ci-dessus pour $\frac{N_i}{N_{90}}$. Malheureusement, la relation d'après laquelle les moments $N_i x_i$ seraient proportionnels à $\sin i$ ne se vérifie pas pour les expériences de Langley dans l'air, et j'ai pu constater, dans mes expériences d'Argenteuil, que la loi de Joëssel relative à x_i n'est même pas exacte pour l'eau.

Dans toutes ces formules, qu'il s'agisse de N_i ou de x_i, on ne se préoccupe en aucune façon de l'allongement du plan, quia cependant une grande influence, ainsi que je l'ai montré ; il est vrai que les plans expérimentés s'éloignaient peu de la forme carrée : néanmoins, cette cause et la difficulté d'obtenir des mesures précises, surtout dans l'air, suffisent à expliquer les divergences nombreuses entre les résultats obtenus par les différents expérimentateurs.

Les premières tentatives pour évaluer l'influence de l'allongement sont dues à Kummer, le savant mathématicien allemand, qui les consigna dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Berlin (1875 et 1876) ; elles portent sur la détermination du centre de pression dans l'air, mais sont tout à fait faussées par l'exiguïté des plans et surtout par la petitesse du bras de manège, d'où résultait un écoulement anormal de l'air. Je ne les cite donc que pour mémoire.

Les seuls essais systématiques qui aient permis d'élucider un peu la question sont dus les uns à M. Langley, membre correspondant de l'Académie des Sciences, les autres à moi-même. Ils avaient pour but, les premiers, de déterminer N_i dans l'air, les seconds de déterminer x_i dans l'eau. Je ne parlerai ici que des

expériences de M. Langley : les miennes, appartenant à l'Hydrodynamique, seront relatées dans un Mémoire spécial, que je compte publier bientôt. Toutefois, je signalerai plus loin un accord remarquable entre les résultats de Langley et ceux que j'ai obtenus, pour le cas particulier du plan carré.

En ce qui concerne l'Aérodynamique, j'ajoute que j'ai réussi à représenter, par une formule unique, les résultats obtenus par M. Langley sur trois plans diversement allongés ; c'était le problème à résoudre pour mettre en lumière le rôle exact de l'allongement.

Expériences de M. Langley. — Les expériences spéciales à la question qui nous occupe ont été faites sur trois plans ayant la même surface, savoir :

Un carré de	$30,5 \times 30,5\ cm^2$,
Un rectangle allongé transversalement de	$76,2 \times 12,2\ cm^2$,
— — longitudinalement de	$15,2 \times 61\ \ cm^2$.

Ces plans étaient fixés à l'extrémité d'un long bras de manège, et le rayon décrit par leur centre avait 9,15 *m*. Les effets perturbateurs dus à la rotation étaient beaucoup moindres que dans les essais de Kummer : toutefois j'estime que l'ensemble assez considérable des parties tournantes devait finir par imprimer à l'air des mouvements qui modifiaient les conditions de l'écoulement sur les plans. En outre, ceux-ci ne mesureraient que 1/10e environ de mètre carré, et leurs bords n'étaient pas taillés en biseau à l'arrière, ainsi qu'il convient, surtout si le plan a une épaisseur un peu accusée : la figure 29 montre qu'alors, en effet, cette épaisseur a une action perturbatrice marquée aux faibles inclinaisons. Quoi qu'il en soit, il faut reconnaître que les résultats, relevés avec un grand luxe de précautions et de corrections, sont, jusqu'ici, les seuls dignes d'être retenus en l'espèce. Je n'en dis pas davantage sur les ingénieux dispositifs adoptés : on en trouvera la description dans le Mémoire de l'auteur, dont M. Lauriol, ingénieur des Ponts et Chaussées, a donné une traduction libre dans la *Revue de l'Aéronautique* de 1891. Je passe de suite à l'examen des résultats obtenus.

Fig. 29

Ces résultats sont figurés, sur la planche ci-jointe, par des points marqués d'un signe distinctif pour chacun des trois plans. On voit de suite que la résistance est notablement différente sur un rectangle très allongé, une règle à dessin par exemple, suivant que les grands ou les petits côtés sont perpendiculaires au déplacement; pour les faibles inclinaisons, qui intéressent tout particulièrement la navigation aérienne, la résistance est beaucoup plus grande dans le premier cas : c'est une des raisons qui font que les oiseaux, et en particulier les voiliers, ont les ailes beaucoup plus longues que larges.

Il serait relativement facile de représenter les résultats obtenus *pour chaque plan* par une formule empirique ayant un nombre plus ou moins grand de paramètres. Mais cela aurait un médiocre intérêt et n'initierait nullement à la loi générale du phénomène. Il n'en est pas de même si l'on cherche à représenter l'ensemble des résultats par une formule *unique*, contenant seulement les trois variables du problème, N_i, i, et une fonction $m = f(l, h)$ de l'allongement; une telle formule donnera des indications utiles sur l'allure du phénomène. Mais il est très délicat de l'obtenir, puisque, comme le montre le court historique de la question, on n'est pas même fixé sur la formule qui convient pour le cas des plans carrés ou à peu près carrés ; il est vrai que le meilleur moyen de lever cette indécision est précisément de faire résulter la formule du plan carré d'une formule générale représentant d'une façon satisfaisante l'ensemble des résultats obtenus avec les divers plans.

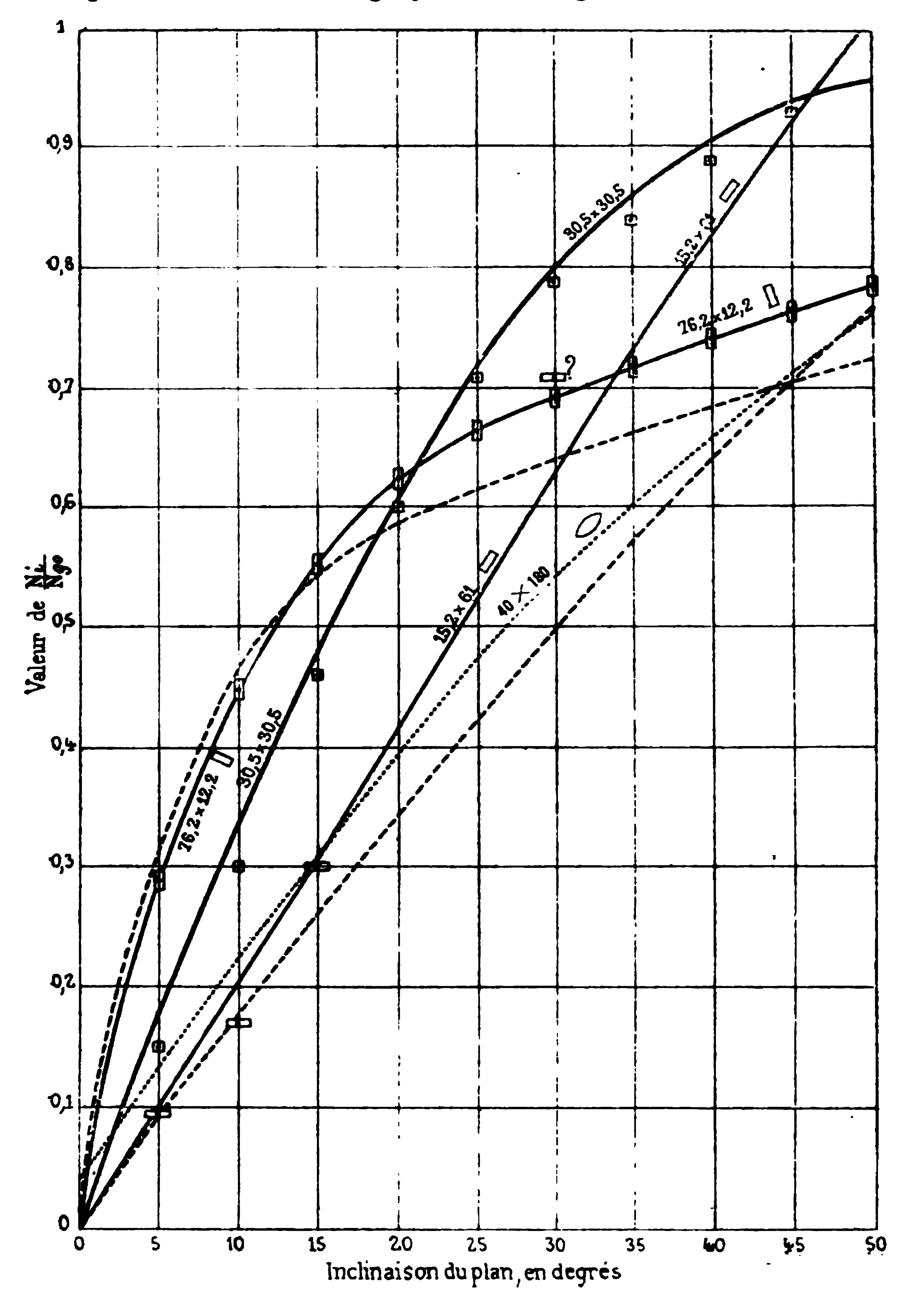
Il était impossible d'espérer arriver à découvrir une telle formule sans être guidé par des idées théoriques sur la répartition des pressions eu égard à l'allongement. La théorie que j'ai imaginée repose sur la considération d'un certain angle I, que j'appelle angle critique, et qui est ainsi défini : si on élève en chaque point du plan une perpendiculaire proportionnelle à la pression en ce point, le volume représentatif des pressions est terminé par une surface dont la concavité est tournée vers le plan pour les inclinaisons de 90° à I, et en sens contraire par les inclinaisons de I à 0°, l'angle I étant fonction de m.

Je n'entrerai pas, pour le moment, dans le développement de cette théorie ; qu'il me suffise de dire que l'hypothèse de l'angle critique est vérifiée par les expériences de MM. Irminger et Vogt. C'est en tirant certaines conséquences de cette hypothèse et en

AÉRODYNAMIQUE

VALEUR DE LA PRESSION

Expériences de M. Langley & formule générale de M. Soreau



tenant compte parallèlement des observations de Langley que j'ai été finalement conduit à la formule :

$$\frac{N_i}{N_{90}} = \sin i \left[1 + \frac{1 - m \operatorname{tg} i}{\frac{1}{(1+m)^2} + \frac{2m}{1+m} \operatorname{tg} i + 2 \operatorname{tg}^2 i} \right]$$

en posant $m = \frac{l - h}{l + h}$ (1).

Pour le plan carré, $m = 0$, et l'on retrouve la formule de Duchemin.

J'ai tracé en traits continus, sur la planche, les trois courbes qui correspondent aux valeurs 0; 0,724; 0,6 de m pour les trois plans de Langley : la courbe du plan carré (m nul) donne au plus 0,04 de différence avec les essais; la courbe du rectangle allongé transversalement (m positif) passe avec une exactitude presque parfaite par les points figuratifs correspondants; la courbe du rectangle allongé longitudinalement (m négatif) passe par deux points sur quatre, mais est assez éloignée du dernier : on trouve en effet, pour $i = 30°$, l'ordonnée 0,63 au lieu de 0,71. Outre que c'est le *seul* écart important entre la formule générale et tous les autres essais, il convient de remarquer que cette observation est graphiquement sujette à caution, car elle constitue un point isolé, M. Langley n'ayant pas fait d'expériences entre 15 et 30°, ni au delà de 30°, de sorte que le point d'abscisse 30 ne peut être contrôlé par la continuité de la courbe passant par des points voisins qui l'encadrent.

Il est donc logique de considérer la formule ci-dessus, sinon comme une formule pleinement générale, tout au moins comme une formule qui rend remarquablement compte des expériences de Langley. Je suis d'ailleurs convaincu que, si des expériences ultérieures plus parfaites et portant sur un plus grand nombre de plans conduisent à la modifier, elle donne du moins l'allure de la formule générale, et qu'en particulier elle montre que $\frac{l - h}{l + h}$ est la fonction de l'allongement qu'il convient de considérer.

Les deux courbes en traits interrompus correspondent aux cas

(1) Cette formule a été inexactement reproduite dans le Procès-verbal de la séance du 2 mai, page 689, où je l'ai donnée pour la première fois.

limites $\frac{l}{h} = \infty, \frac{h}{l} = \infty$, c'est-à-dire $m = 1$, $m = -1$. Pour ce dernier cas, la formule générale se réduit à :

$$\frac{N_i}{N_{90}} = \sin i.$$

Un savant distingué, à qui j'avais fait connaître cette particularité, m'objecta que, dans ce cas limite, on obtient au contraire la loi du sinus carré par le raisonnement qui suit : au lieu de déplacer le plan dans l'air, supposons-le immobile, l'air étant en mouvement à la même vitesse absolue V; donnons alors au ruban de longueur infinie h un déplacement de vitesse V cos i dans son propre plan suivant son axe de symétrie (*fig. 30*) : nous ne changeons rien à la réaction de l'air sur le ruban. Une molécule quelconque A, qui serait venue frapper le point B du ruban immobile, vient alors frapper le point B', projection orthogonale de A sur le plan, puisque, tandis que la molécule parcourt AB = Vt, le point B' parcourt B'B = Vt cos i : tout se passe donc comme si la molécule avait parcouru AB' avec la vitesse V sin i; et comme cette molécule est quelconque, la réaction est la même que si toute la masse d'air frappait normalement le plan avec cette dernière vitesse; par suite, si l'on fait abstraction du frottement :

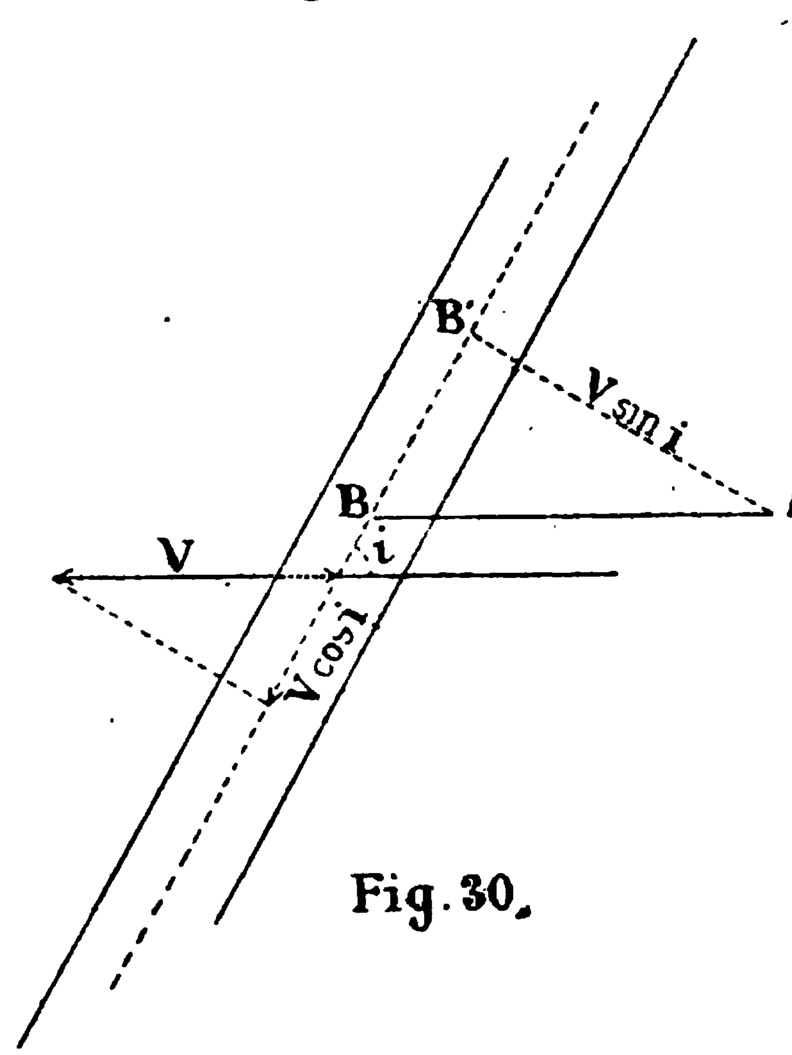


Fig. 30.

$$N_i = K\,(V \sin i)^2,$$

d'où :

$$\frac{N_i}{N_{90}} = \sin^2 i.$$

C'est compter sans le mode d'écoulement, que ce raisonnement ne fait pas intervenir. Que le ruban soit immobile ou qu'il glisse sur lui-même suivant son axe de symétrie, chaque filet reste toujours dans le même plan P (*fig. 31*) : il ne s'infléchit point pour franchir normalement l'obstacle, et se redresser ensuite dans un plan Q à un niveau différent de P (*fig. 32*). Au

raisonnement ci-dessus, j'oppose le suivant, qui tient compte des conditions d'écoulement :

Reportons-nous au déplacement orthogonal du rectangle $l \times h$ représenté par la figure 23 : si l'on considère l'écoulement entre deux plans P et Q assez éloignés des petits côtés pour que les filets

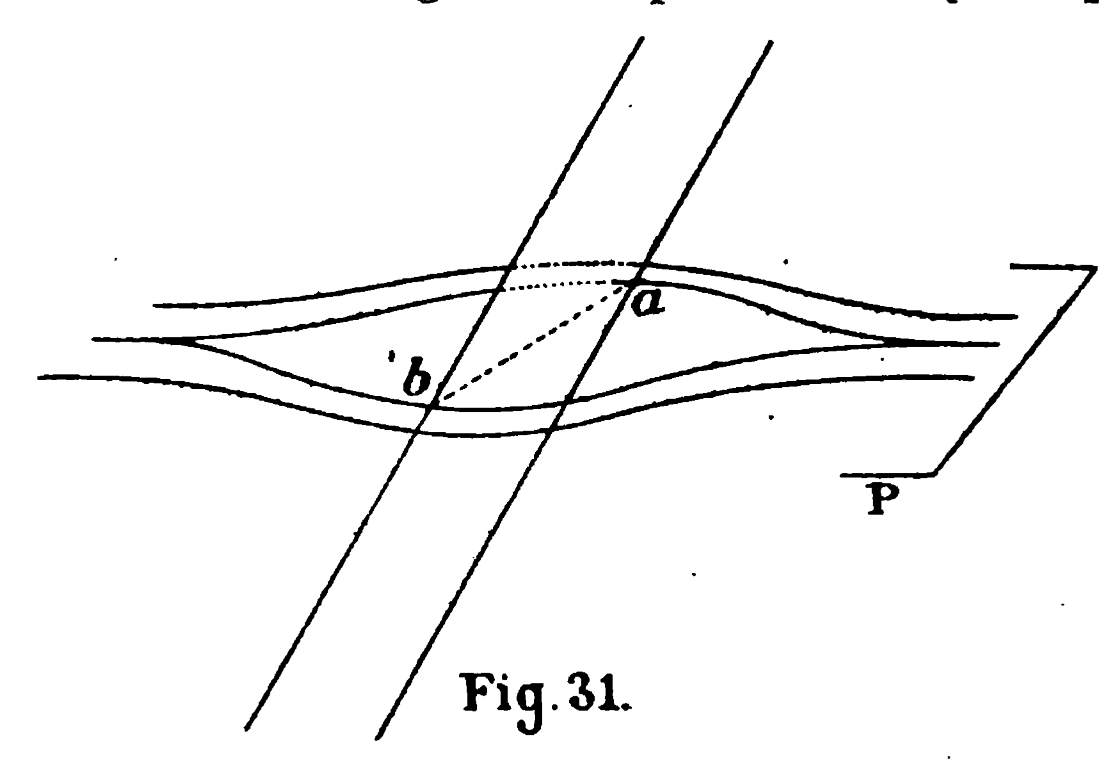


Fig. 31.

soient plans, on voit que les filets sont identiques dans tous les plans compris entre P et Q ; d'autre part, leurs formes sont déterminées seulement par la vitesse V et par la distance *ab* des bords à franchir. Si donc on incline le plan de façon qu'il fasse un angle *i* avec la direction générale du mouvement, les filets resteront les mêmes, et les conditions d'écoulement n'auront pas

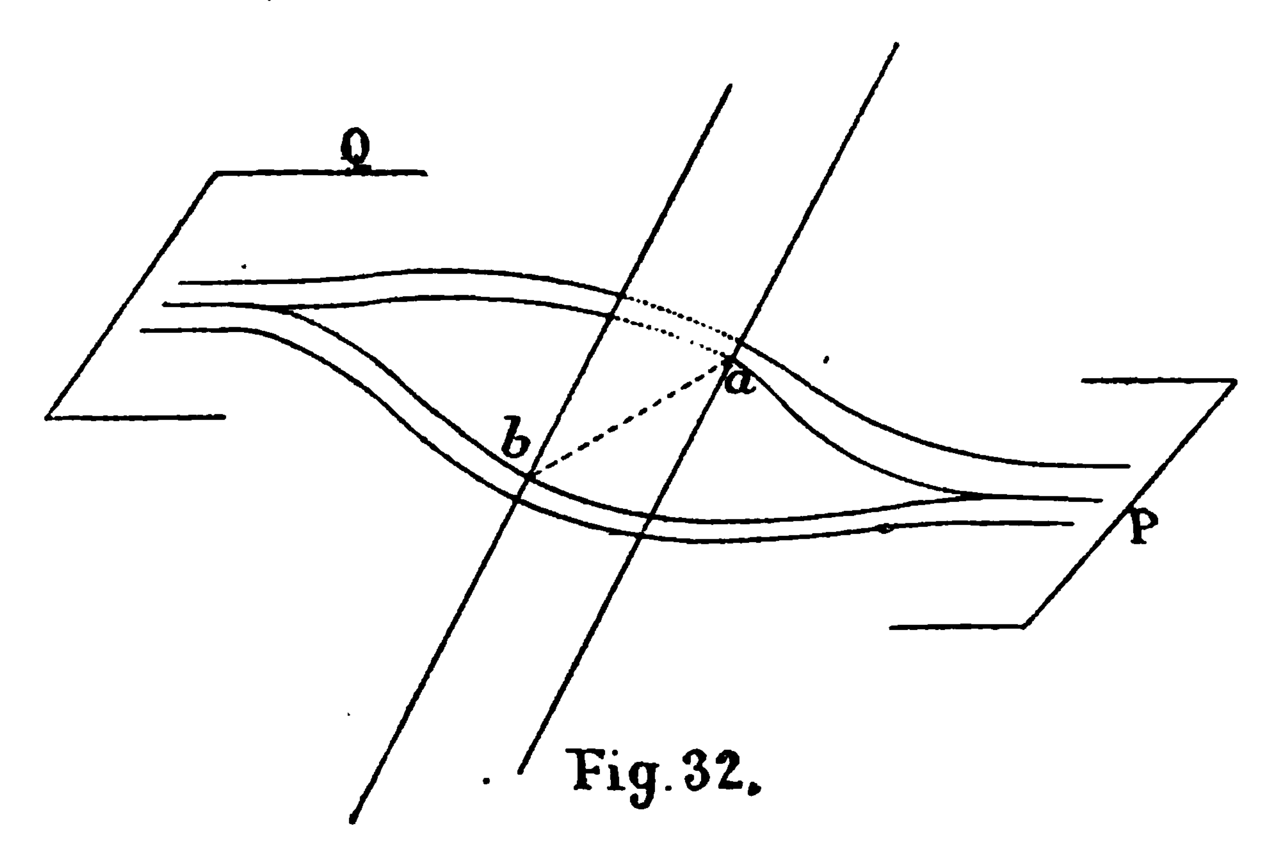


Fig. 32.

changé dans chaque plan : mais cet écoulement, au lieu de se faire entre deux plans distants de *d*, se fera entre deux plans distants de *d* sin *i*; le travail nécessaire à produire ces filets identiques sur une épaisseur *d* sin *i* sera donc au travail nécessaire à les produire sur une épaisseur *d* dans le rapport de sin *i* à 1.

Donnons maintenant à h des valeurs de plus en plus grandes : la pression due à l'écoulement par les bords l entre pour une part d'autant plus faible dans la pression totale ; à la limite, pour $\frac{l}{h} = 0$, cette part est nulle, tous les filets sont plans, et l'on a rigoureusement :

$$\frac{N_i}{N_{90}} = \sin i.$$

Cet exemple montre, une fois de plus, la nécessité de toujours faire intervenir les conditions d'écoulement. C'est ainsi que, si l'on considère un long cylindre circulaire de diamètre l et de longueur h au lieu du plan allongé $l \times h$, on ne peut plus dire que les filets restent dans le même plan : ils tendent alors à contourner le cylindre en franchissant plus ou moins normalement ses génératrices, et l'écoulement se rapproche de ce qui est représenté par la figure 32 ; dans ce cas, la loi est sensiblement celle du sinus carré. Si le cylindre est à section droite ovoïde, avec petit axe *ab* perpendiculaire à la direction générale du mouvement, les résultats seront encore plus voisins de la loi du sinus carré.

On s'explique donc, ainsi que je l'ai dit plus haut, pourquoi le colonel Renard a constaté que l'adjonction d'un long cylindre à la poupe d'une carène dans le prolongement de l'axe ait une action peu efficace contre le déversement. Il en serait de même de l'effilement exagéré de la poupe. Le plan a une action plus notable, et c'est pourquoi la nature a doté les oiseaux d'une queue. Il y a quelque difficulté de construction à placer un tel organe dans les ballons dirigeables : on pourrait, entre autres dispositifs, y substituer une surface plane évasée vers l'arrière, ou mieux une série de plans allongés transversalement, de façon que le centre de pression du système fût très en arrière du centre de pression variable du ballon proprement dit pendant le

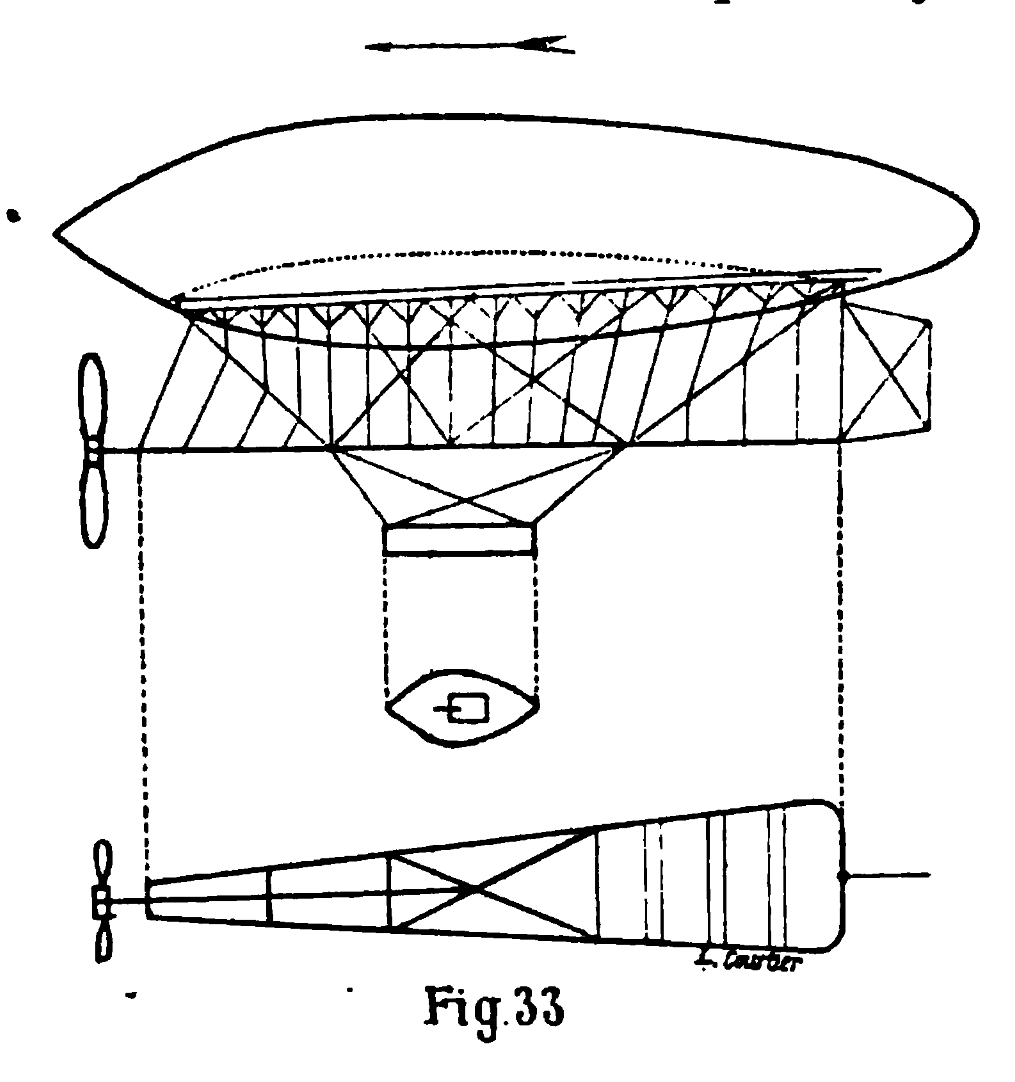


Fig. 33

tangage ; le bâti de cette surface servirait utilement de support à l'hélice, et serait placé de telle sorte que l'arbre passât sensiblement par le centre de résistance de tout le navire. Tel est le ballon dirigeable que j'ai représenté schématiquement par la figure 33 : pour les raisons que j'ai exposées, il n'a qu'une hélice, et la disposition même que j'ai donnée au bâti de la surface conduit à prendre ici une hélice agissant par traction, ce que j'estime préférable.

A défaut d'un ruban très long, qui se prête mal aux expériences, prenons un plan ayant les mêmes propriétés, c'est-à-dire où l'écoulement par les côtés transversaux ait peu d'effet par rapport à l'écoulement latéral : il suffit pour cela de faire évanouir les côtés *l*, et de renfler les parties centrales, ce qui donne une forme lenticulaire. Or, Otto Lilienthal a précisément fait des essais sur un tel plan, limité par deux circonférences et mesurant 1,80 *m* entre pointes, 0,40 *m* à sa partie la plus large (1) ; la courbe tracée en points sur la planche donne les résultats obtenus : cette courbe est très voisine de celle du sinus simple, et en serait plus rapprochée encore si Lilienthal avait fait la correction pour l'origine des angles qu'il mesurait, afin d'avoir $N_i = 0$ pour $i = 0$, ce qui est indispensable.

On voit combien toutes ces diverses constatations concourent à éclairer les phénomènes et sont d'accord avec ma formule.

Voilà pour N_i. Quant à sa position, M. Langley n'a pas institué d'expériences systématiques montrant l'influence de l'allongement ; il s'est contenté de déterminer la position du centre de pression sur le plan carré de 0,305 $\times$ 0,305 *m*. Les seuls essais en ce sens sont ceux que j'ai faits dans l'eau, à Argenteuil. Or, mes expériences m'ont conduit, pour le plan carré, à la formule suivante, que j'ai donnée en 1899 au Congrès tenu à Boulogne par l'Association française pour l'avancement des Sciences (2) :

$$\rho = \frac{1}{2(1 + 2 \operatorname{tg} i)},$$

où ρ est le rapport entre la distance y_i du centre de pression au centre de figure et le demi-côté x_{90} du carré, d'où :

$$\rho = 1 - \frac{x_i}{x_{90}}.$$

(1) *Revue de l'Aéronautique*, 1re livraison de 1895.
(2) *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils*, novembre 1899, p. 600.

Il est vraiment bien remarquable que cette formule rende également compte, avec une approximation dont on jugera par le tableau ci-dessous, des résultats obtenus dans l'air par le professeur Langley (1), qui ne pouvait avoir de prévention à cet égard, puisqu'il ne soupçonnait pas la formule que je devais donner dix ans après ses expériences.

i	ρ	
	Observations de Langley	Formule Soreau
90°	0	0
78°	0,042	0,048
67°,3	0,084	0,087
55°,8	0,126	0,127
45°	0,166	0,166
35°,8	0,208	0,205
28°	0,250	0,243
20°,5	0,292	0,287

Note de M. Marcel Deprez sur l'hélice.

On a pu voir, par les développements ci-dessus, d'une part le rôle prépondérant du mode d'écoulement du fluide, d'autre part l'utilité de considérer le volume représentatif de la pression. Il est vraisemblable que, quand on connaîtra la pression en chaque point du plan en fonction de l'allongement et la part qui revient, dans cette pression élémentaire, à la compression sur la face avant et à l'aspiration sur la face arrière, on parviendra à pénétrer la loi des actions réciproques des filets fluides, et à ramener la détermination des carènes et des hélices à un problème plus ou moins compliqué de Mécanique rationnelle.

En l'absence de connaissances plus précises sur cette importante question, à laquelle je me propose d'apporter bientôt de nouveaux éléments contributifs, en l'absence aussi d'expériences suffisamment caractéristiques sur l'hélice, j'aurais, pour le mo-

(1) *Revue d'Aéronautique*, 3e et 4e livraisons de 1891, p. 115.

ment, passé sous silence l'action des propulseurs, si un savant dont tant de travaux font autorité n'avait exposé récemment, ici-même, des vues avec lesquelles je suis en désaccord : je veux parler de la Communication de M. Marcel Deprez à la séance du 24 janvier. Au reste, plusieurs d'entre vous m'ont fait part du trouble que cette Communication a jeté dans leur esprit : la grande notoriété de l'auteur, l'élégante simplicité de sa théorie, basée sur l'application des principes les plus intangibles de la Mécanique, leur donnaient à penser que cette théorie devait être rigoureuse; d'autre part, les déductions formulées leur paraissaient peu en rapport avec ce qu'ils savaient de l'hélice, et ils éprouvaient des doutes. Bien qu'il y ait quelque témérité, et je m'en excuse, à opposer mon appréciation à celle de M. Marcel Deprez, je considère comme un devoir de dire quelle a été ma réponse aux Collègues qui ont bien voulu me demander mon sentiment.

Tout d'abord, la division en quatre cas n'est pas rationnelle. Ces cas sont les suivants :

1° Air en repos, aérostat maintenu par un câble horizontal sur lequel il exerce un effort F à l'aide de son propulseur : c'est la traction au point fixe;

2° Air en mouvement, aérostat entièrement libre se maintenant immobile dans l'air;

3° Air en repos, aérostat se mouvant avec une vitesse constante;

4° Air en mouvement, aérostat se mouvant en sens inverse avec une vitesse donnée.

Or, si l'on se reporte aux explications très claires que j'ai données plus haut sur le rôle du vent, on voit qu'il n'y a qu'un seul cas; il importe peu, en effet, au regard du propulseur, qu'il y ait ou qu'il n'y ait pas de vent, que ce vent soit inférieur ou supérieur à la vitesse propre : cela n'a rien à voir avec le mode d'action, et par conséquent avec la qualité du propulseur. C'est tout au plus s'il convient d'envisager à part, à titre d'indication, les *essais* au point fixe, essais qui ne donnent, au point de vue de la *navigation* aérienne, que des renseignements d'une valeur très relative, car le mode d'écoulement du fluide se fait dans des conditions sensiblement différentes de celles où le propulseur sera réellement utilisé.

Examinons maintenant les équations données par M. Marcel

Deprez ; celles qui sont mentionnées au procès-verbal se rapportent à la traction au point fixe, mais les équations des autres cas procéderaient des mêmes conçeptions, et il suffit d'établir que ces conceptions ne correspondent pas à la réalité des faits.

F étant la traction exercée sur le câble, V la vitesse imprimée à l'air dans le sens de la propulsion, M la masse d'air lancée par seconde, le théorème des quantités de mouvement projetées donne :

$$F = MV. \qquad [1]$$

D'autre part, $\mathfrak{T}$ étant le travail fourni au propulseur dans l'unité de temps, et k le rendement du propulseur, le théorème des forces vives donne :

$$\mathfrak{T} = \frac{1}{k}\frac{MV^2}{2}. \qquad [2]$$

Enfin, μ étant la masse du mètre cube d'air et S la section d'écoulement, M. Marcel Deprez écrit :

$$M = \mu SV. \qquad [3]$$

De ces trois équations, il déduit le système équivalent :

$$V = 2k\frac{\mathfrak{T}}{F} \qquad [4]$$

$$M = \frac{F^2}{2k\mathfrak{T}} \qquad [5]$$

$$S = \frac{1}{\mu}\frac{F^3}{4k^2\mathfrak{T}^2}. \qquad [6]$$

D'après [4], le rapport du travail à l'effort de traction qui en résulte, ou, suivant l'heureuse expression de M. Deprez, le prix de l'effort statique, est d'autant plus élevé que la vitesse imprimée à l'air par le propulseur est plus grande ; d'après [6], on n'obtiendra un grand effort F, pour une valeur donnée de $\mathfrak{T}$, qu'avec une très grande valeur de S : d'où la double nécessité, pour bien utiliser la puissance du moteur, d'avoir un propulseur de faible vitesse et d'une grande section d'écoulement. Et M. Marcel Deprez s'étonne de voir inventeurs et constructeurs de ballons dirigeables donner à l'hélice un diamètre très inférieur à celui du maître-couple de l'aérostat.

Cet étonnement, je c is bien que nous l'avons tous éprouvé

en visitant, dans les chantiers ou les arsenaux, nos grands navires de guerre; qui de nous ne s'est dit : c'est cette hélice, de si mièvres dimensions par rapport au maître-bau, qui va faire marcher à 15 ou 20 nœuds ces énormes masses? Je sais bien qu'il s'agit ici d'un fluide incompressible et beaucoup plus dense que l'air : mais, si la propulsion est plus efficace, la résistance est proportionnellement plus élevée. Du reste, dans la pensée nettement exprimée de son auteur, la théorie précédente est générale, elle s'applique à tous les fluides et à tous les genres de propulseurs : alors, pourquoi se montrer surpris de ce que font les ingénieurs aéronautes et ne pas l'être de ce que font couramment les ingénieurs de la Marine? Dupuy de Lôme, qui a été l'un et l'autre, on sait avec quelle maîtrise, donna à son hélice un diamètre ayant les 2/3 du diamètre du maître-couple, et 1/3 de la hauteur totale : la propulsion fut, il est vrai, inappréciable, mais à cause de la faible puissance motrice. On trouve encore sensiblement le même rapport de 2/3 dans le ballon *la France* et dans le *Santos-Dumont n° 6*, qui se sont effectivement dirigés.

Je ne veux pas dire que les grandes hélices ne soient pas recommandables. Bien au contraire, je préconise, surtout dans l'air, une hélice à grands bras tournant à une allure relativement modérée, plutôt qu'une petite hélice tournant à une allure très rapide; mais c'est pour des raisons tout autres, et sous la réserve expresse que ces grandes hélices seront *rigoureusement indéformables*. Il n'en est pas moins vrai que la théorie de M. Marcel Deprez, en tant que théorie générale, conduit à des conclusions exagérées.

C'est que cette théorie pèche en deux points : 1° le propulseur n'imprime pas à une certaine masse d'air *définie* une vitesse constante V suivant l'axe du propulseur : cette vitesse varie dans toute la masse fluide influencée jusqu'à s'éteindre plus ou moins brusquement aux confins de cette masse; il faudrait donc connaître la vitesse et la pression en chaque point du champ d'influence ainsi que les limites de ce champ, et c'est à ces éléments bien définis qu'il serait légitime d'appliquer le théorème des quantités de mouvement projetées et le théorème des forces vives pour en déduire, par voie d'intégration, les relations dont on a besoin; 2° dans les équations (3) et (6), μ, masse de l'unité de volume, n'est pas constante pour un fluide compressible : c'est une fonction complexe, notamment de la vitesse et de la surface couverte par la rotation du propulseur : aussi la valeur de S donnée

par ces équations n'a-t-elle aucun rapport explicite avec le rayon des bras de l'hélice.

Je pourrais, du reste, citer un propulseur ayant, au plus haut degré, des propriétés diamétralement opposées à celles que M. Deprez tient pour nécessaires : mettez dans la nacelle un canon chargé de poudre, placez-le la bouche vers l'arrière, et mettez-y le feu; malgré la faible section et la vitesse considérable imprimée à l'air, il produira une propulsion énergique. Un tel propulseur ne saurait, il est vrai, agir que par intermittences, et demanderait, pour un voyage de durée, un poids de poudre qui ne constituerait pas précisément un accumulateur léger : mais cet exemple topique montre que, au point de vue « propulseur », les conclusions de M. Marcel Deprez ne sauraient être absolues. On peut du reste concevoir, à la place de cette source d'énergie, un moteur qui comprime de l'air qu'on lance ensuite horizontalement par plusieurs ajutages convenablement établis, de façon à obtenir une propulsion continue.

Cette continuité dans la propulsion, l'hélice la réalise avec un coefficient d'utilisation qui peut être relativement élevé si ses éléments sont convenablement déterminés en fonction de la puissance du moteur et de la résistance à vaincre. Aussi, malgré les attaques inconsidérées dont elle est souvent l'objet, faut-il la considérer en somme comme le propulseur le plus acceptable, surtout quand le navire est complètement immergé dans le fluide.

Quant à sa théorie, il sera bien délicat de la faire concorder pleinement avec les observations. Et comment pourrait-il en être autrement avec les surfaces gauches que présente l'hélice, surfaces pour lesquelles le mode d'écoulement de l'air est d'une analyse d'autant plus difficile qu'il est compliqué par les effets de la force centrifuge? Il suffit, pour en juger, de se reporter à ce que je viens de dire sur l'écoulement de l'air dans le cas d'un simple plan incliné animé d'un déplacement rectiligne.

Telles sont, Messieurs, les considérations qu'il m'a paru intéressant de développer devant vous à l'heure où tant de personnes poursuivent la direction des aérostats, les unes avec méthode, avec le souci bien logique de profiter des résultats acquis et des règles posées par d'illustres devanciers, les autres avec une méconnaissance complète de ces résultats et un mépris profond des lois les plus fondamentales. Or, grâce à la découverte de ces lois, grâce aussi aux perfectionnements incessants que vous avez

apportés dans la Mécanique, et notamment dans le poids des moteurs, on peut affirmer que, dès maintenant, le problème est mûr pour une solution, sinon sensationnelle, du moins suffisante et susceptible d'utiles applications. C'est à des ingénieurs qu'il appartient de la donner, et de renouer la chaîne, un moment interrompue, de cette brillante série française, où l'on trouve des noms qui ont grandement illustré le Génie militaire et le Génie civil de notre pays : Meusnier, Giffard, Dupuy de Lôme, Renard et Krebs. Il m'est agréable de faire cette constatation devant la Société des Ingénieurs Civils de France.

CHRONIQUE

N° 274.

SOMMAIRE. — Progrès récents réalisés dans la construction des ponts en Amérique *(suite et fin)*. — La construction des locomotives aux États-Unis. — Fers à double T de très grandes dimensions. — Four intensif. — John B. Fell. — Les freins continus en Autriche. — Première fabrique de benzol et d'aniline de naphte en Russie.

Progrès récents réalisés dans la construction des ponts en Amérique *(suite et fin)*.

Il est regrettable que les progrès très sérieux introduits dans l'étude et la construction des ponts de chemins de fer de portée moyenne ne se soient pas également introduits dans l'établissement des ponts-routes. Les conditions dans lesquelles ces ouvrages sont commandés, on pourrait dire achetés par les municipalités et les autorités des comtés ne laissent guère de place aux progrès ou améliorations. Il est bien rare que ces autorités recourent aux services d'un ingénieur pour veiller au bon emploi des deniers fournis par le contribuable, en préparant un cahier des charges, examinant les projets, surveillant les matériaux, l'exécution des travaux, etc. Toutefois, on prend ces précautions dans certaines villes et il suffit, en général, d'examiner les nouveaux ponts d'une cité pour se rendre compte du système qui a été suivi pour leur établissement.

Le manque d'une surveillance de ce genre dans les campagnes et les petites villes se traduit par la continuation de l'emploi de ponts à faibles portées, établis avec des échantillons insuffisants et par conséquent de poids trop faibles qui donnent lieu à des vibrations excessives et une usure rapide par l'ébranlement des assemblages et la rouille.

L'absence d'inspection et d'entretien abrège la durée de ces ouvrages et entraîne des charges considérables pour leur remplacement par des ponts neufs. On a réalisé un certain progrès en substituant des poutres à assemblages rivetés aux ponts articulés, mais l'amélioration ainsi introduite est très loin d'être comparable à celle qu'a subie, dans le même ordre d'idées, la construction des ponts de chemins de fer.

La travée navigable du pont en cantilever de Memphis, sur le Missisipi, est la plus grande qui se rencontre en Amérique sur un pont de ce type. Elle a 241,10 *m* d'ouverture entre les axes des appuis. Cet ouvrage a été terminé en 1900, c'est-à-dire sept ans après l'achèvement du pont sur le Firth of Forth, en Écosse. On a construit depuis un certain nombre de ponts du type cantilever, mais la plupart ont des ouvertures relativement modérées. Un pont de ce genre est actuellement en construction sur le Monongahela, à Pittsburg; on pense qu'il sera achevé cette année, sa portée sera légèrement supérieure à celle du pont de Memphis, 247,70 *m*, il donnera passage à une extension du réseau du Wabash R. R.

Mais on construit en ce moment un pont qui aura une portée supérieure, non seulement à celle des ponts à cantilever existant actuellement aux États-Unis, mais encore à celle de n'importe quel pont au monde. Il s'agit du pont sur le Saint-Laurent, près de Québec, au Canada, qui atteindra la portée sans précédent de 549 *m* soit environ 30 *m* de plus que celle du pont du Forth et 60 *m* de plus que celle du pont suspendu de Brooklyn. Les tours d'appui auront une hauteur de 110 *m* au-dessus des hautes eaux. Ce pont portera une double voie de chemin de fer, deux voies pour tramways électriques et deux voies charretières. Les piles sont formées d'assises de maçonnerie de 1,20 *m* de hauteur composées de pierres du poids de 15 *t*. Le système de construction et la simplicité des détails permettront l'édification de cet ouvrage avec une rapidité et une économie inaccoutumées pour un pont de cette importance.

Il y a actuellement à l'étude ou en construction un certain nombre de ponts du type cantilever avec des portées allant de 183 à 205 *m*.

Le pont de Brooklyn, terminé en 1883, est encore le plus grand pont suspendu du monde, avec sa travée de 486,60 *m*. Le nouveau pont en construction sur l'East River, à New-York, a une portée un peu supérieure, 488 *m* et sa capacité de circulation sera beaucoup plus grande que celle du pont de Brooklyn. Chacun de ses quatre câbles de suspension peut porter avec sécurité plus de 4 500 *t*.

On peut signaler comme un des points les plus intéressants dans la question dont nous nous occupons la construction, dans ces dernières années, de nombreux ponts métalliques en arc, type qui est appelé à se répandre largement et que son caractère met en tête des ouvrages de ce genre au point de vue esthétique.

Les dix dernières années ont vu l'introduction et le développement des ponts en arc, en béton et en béton armé. Dans ce dernier mode de construction, une faible quantité de métal est incorporée dans le béton pour le mettre à même de résister aux efforts de tension qui peuvent se produire.

Dans cette période on a exécuté, aux États-Unis, plus de 150 ponts en béton armé. L'année même où a été achevé le plus grand pont métallique en arc, on a construit à Topeka, Kansas, un pont en béton armé à cinq arches dont la plus grande a 38,10 *m* d'ouverture. C'est encore la plus grande portée réalisée en Amérique pour des ouvrages de ce type, bien qu'elle ait été dépassée en Europe. On doit toutefois construire, dans un délai assez court, des ponts avec des portées très supérieures; des ouvertures de ce genre figurent dans un projet accepté pour le Memorial Bridge, à Washington.

Ce système de construction est appelé à se substituer avec avantage aux ponts en acier de portées modérées. Les ouvrages en métal doivent être repeints à de fréquents intervalles, surveillés constamment, réparés souvent et finalement doivent être remplacés après une existence relativement courte, lorsqu'ils sont dégradés par l'usure et la rouille, si même il ne devient pas nécessaire encore plus tôt de leur substituer des ouvrages plus forts par suite de l'accroissement des charges qu'ils sont appelés à supporter.

Les ponts en béton ne demandent pour ainsi dire aucune surveillance si ce n'est un examen à de très longs intervalles.

Le Pennsylvania R. R. construit un pont en pierres composé de quarante huit arches de 21,35 *m* d'ouverture pour la traversée de la Susquehanna, à Rockville, Pa. Ce pont a 15,90 *m* de largeur, porte quatre voies et doit coûter 5 millions de francs.

L'avantage de ce mode de construction est non seulement de supprimer les dépenses d'entretien, mais aussi de présenter une masse suffisante pour résister aux crues qui enlèvent de temps en temps les autres ponts établis sur cette rivière.

La même administration construit également un pont du même genre sur le Raritan, à New-Brunswick N. J.

Si nous passons aux ponts mobiles, nous trouvons que la plus grande travée tournante existante a été établie, en 1893, à Omaha, sur le Missouri. Deux années plus tard, un pont tournant portant quatre voies de chemin de fer a été construit par le New-York Central R. R. sur la rivière Harlem, à New-York; cette travée a seulement 118,65 *m* entre les axes des supports, mais elle pèse 2 500 *t* et est, en conséquence, la plus pesante qui existe.

On doit établir sur la rivière Charles, entre Boston et Cambridge, un pont qui mérite une attention toute spéciale et qui marque un pas sérieux dans la voie de la considération par les municipalités de l'esthétique dans les travaux publics. Ce pont aura onze arches en acier avec des portées variant de 31 à 57,50 *m*. La largeur sera de 32 *m* entre les parapets. On dit que ce pont sera non seulement un des plus beaux ouvrages de ce genre aux États-Unis, mais qu'il pourra soutenir la comparaison avec n'importe quel autre dans le monde. Sa longueur totale sera de 539 *m* et le coût d'établissement atteindra 13 millions de francs.

La construction des locomotives aux États-Unis. — A la réunion annuelle de la *Master Mechanics' Association* qui s'est tenue a Saratoga, du 23 au 25 juin, le Président M. A. M. Waitt a, dans son discours d'ouverture, exposé des considérations intéressantes sur l'état actuel de la construction des locomotives aux États-Unis.

Les statistiques dressées pour l'année 1901 font voir que la production totale des huit principales fabriques des États-Unis s'est élevée à 3 384 locomotives. C'est la plus grande qu'on ait encore constatée; elle dépasse de 7,3 0/0 celle de 1900. Pour la période de douze mois finissant le 1er juin 1902, la production dépasse encore la précédente. Les rapports de cinq fabriques donnent un total de 3 638, chiffre qui n'avait jamais été atteint jusqu'ici. Sur ce total, on compte 540 locomotives à voyageurs et 2 380 à marchandises, le reste est pour gares et services divers. Au point de vue du combustible, ces machines se divisent en 80 0/0 brûlant du charbon bitumineux, 10 0/0 de l'anthracite et 10 0/0 du pétrole ou autres combustibles. Sur les machines à voie normale brûlant du charbon bitumineux, la moitié ont des foyers larges débordant les longerons.

On constate que 30 0/0 du nombre de locomotives à voyageurs et à marchandises construites par les deux plus importantes fabriques des

Etats-Unis appartiennent au système compound. La plus grosse machine construite l'année dernière pesait, sans le tender, 121 300 *kg*, dont 107 700 de poids adhérent. C'était une locomotive du type Decapod, construite pour le Atchison, Topeka and Santa-Fe R.R. La charge par essieu-moteur ressort à 21 500 *kg*.

Les cinq dernières années ont vu de merveilleux progrès dans les points essentiels de l'étude et de la construction des locomotives. Sans remonter plus haut que 1897, on considérait alors comme remarquables des machines à voyageurs ayant des chaudières de 205 m^2 de surface de chauffe et des machines à marchandises avec 270 ; on ne dépassait guère des pressions de 10 *kg* et on admettait, tout au plus, qu'on pût songer à atteindre 12 *kg*. Or, on a construit, l'année dernière, des machines à voyageurs ayant 325 *m*. de surface de chauffe et des machines à marchandises avec 490. Quant à la pression, la plupart des machines ordinaires vont à 15 *kg* et quelquefois même à 16 *kg*. On semble admettre, aujourd'hui, qu'il n'y a pas d'avantage à dépasser 14 *kg* avec la simple expansion, mais que, pour des pressions supérieures, il faut recourir à la double expansion, si on veut obtenir une utilisation supérieure du combustible.

Dans les deux dernières années, les limites ont été atteintes pour les dimensions des locomotives compound à deux cylindres.

Avec les puissantes machines de construction récente, le cylindre à basse pression aurait un diamètre qui dépasserait le gabarit et ne laisserait plus d'espace libre suffisant au-dessus du rail. Il faut donc recourir à une des deux solutions suivantes, cylindres en tandem ou quatre cylindres ayant chacun son mécanisme : ces deux solutions ont chacune des partisans enthousiastes et des adversaires acharnés.

La tendance dans la construction des locomotives est actuellement dans un abaissement considérable du rapport des éléments : surface de grille et surface de chauffe au poids adhérent pour les machines brûlant du charbon bitumineux, et il semble, d'après les résultats satisfaisants obtenus de machines de construction récente, que les anciennes règles recommandées par cette association relativement à ces proportions ont besoin d'être modifiées.

Il n'est point contestable qu'on apporte, aujourd'hui, beaucoup plus de soin qu'autrefois à bien proportionner les divers élements constitutifs des locomotives et, depuis trois ans surtout, ce genre de machines a fait de grands progrès aux États-Unis au point de vue de la vitesse et de la production de vapeur.

Autrefois, les cas de retard ou de détresse dans les trains lourds et rapides par suite de manque de vapeur étaient fréquents. Les faits ont conduit a rechercher s'il n'y avait pas quelque défaut dans la disposition des machines affectées à ce genre de service. Un examen des relations existant entre les éléments de la production de vapeur et le travail à exiger de la locomotive, a fait reconnaître immédiatement la nécessité de modifier les rapports adoptés couramment. On admet que le poids adhérent constitue la limite de l'effort que peut exercer une locomotive pour la traction d'un train. D'autre part, on constatait que les locomotives construites il y a dix ans ne produisaient pas assez de vapeur pour

remorquer à une vitesse considérable une charge avec laquelle elles démarraient avec la plus grande facilité. Les machines construites depuis deux ans ne présentent plus cette difficulté et produisent de la vapeur en abondance, de sorte que même avec du combustible médiocre, de forts vents de face et même une ou deux voitures en supplément, elles n'ont pas de peine à maintenir la vitesse réglementaire.

Si on prend le poids adhérent comme indication de la puissance à attendre de la machine, et si on admet une proportion entre les cylindres et les roues convenables pour le travail à réaliser, il faut encore établir la source de production de vapeur, c'est-à-dire la chaudière, avec des proportions suffisantes. La quantité de vapeur produite dépend du combustible brûlé (plus ou moins avantageusement) et de la chaudière. Avec un générateur à peu près bien proportionné, la vaporisation sera sensiblement proportionnelle à l'étendue de la surface de chauffe, dont le rôle est de transmettre le calorique du combustible incandescent et des gaz de la combustion à l'eau de la chaudière. L'examen des proportions essentielles des machines, qu'on considérait comme excellentes il y a dix ans, indique entre la surface de chauffe exprimée en pieds carrés et le poids adhérent exprimé en livres un rapport de 1 à 45, pour les machines à voyageurs, ce qui donnerait en mesures métriques le rapport de 1 à 220, ce qui veut dire que 1 m^2 de surface de chauffe correspond à 220 *kg* de poids adhérent ou encore, ce qui est plus simple, que 1 *t* de poids adhérent correspond à 4,55 m^2 de surface de chauffe. La machine 999, qui fut si remarquée à l'Exposition de Chicago, avait la proportion de 1-43,5, soit 4,71 m^2 par tonne. Les machines récentes pour service de voyageurs ont, pour le même poids adhérent, un rapport de 1 à 30,5, ce qui donne 6,6 m^2 de surface de chauffe par tonne de poids adhérent. Si toutes ces machines ont la même puissance pour démarrer rapidement avec des trains lourds, la première manque de puissance dans les longs parcours, brûle plus de combustible à travail égal et ce type est maintenant réservé à certains services spéciaux. Les machines récentes, avec leur rapport de 1 à 30, font plus de travail avec moins de charbon, ne restent jamais en détresse et sont les favorites du jour. L'auteur est d'avis qu'on ne devrait pas, pour des machines brûlant du combustible bitumineux, avoir désormais des rapports supérieurs de 1 à 30. Quelques locomotives présentent même le rapport de 1 à 27, ce qui donne 7,46 m^2 de surface de chauffe par tonne de poids adhérent. Pour les fortes machines à marchandises devant soutenir pendant de longs parcours des vitesses de 25 à 35 *km* à l'heure, le rapport ne doit pas dépasser 1 à 50, ce qui donne 4 m^2 de surface de chauffe par tonne de poids adhérent. Enfin, pour les fortes machines de gare ou de manœuvres pour lesquelles la continuité de la production de vapeur a moins d'importance, un rapport de 1 à 75, correspondant à 2,65 m^2 de surface par tonne de poids adhérent est parfaitement suffisant.

Pendant des années, l'usage a été, dans bien des administrations de chemins de fer, d'exagérer la charge des machines à marchandises, on y mettait une sorte d'amour-propre. Il en est résulté des inconvénients sérieux au point de vue de la régularité et de la sécurité de la marche; les accidents ont été nombreux, les ruptures d'attelages notamment, les

trains restaient en détresse ; l'usure du matériel se ressentait fortement de cet état de choses. Un abaissement raisonnable des charges s'est immédiatement traduit par un accroissement du travail utile, de la régularité et de la sécurité de la marche des trains et par une réduction sensible sur les dépenses d'entretien des machines et des wagons.

On sait que le chapitre du combustible est le plus lourd dans les dépenses de traction. Pour réduire son importance au minimum, il est nécessaire de suivre attentivement toutes les manutentions du combustible depuis le carreau de la mine jusqu'au tender. Dans de grandes administrations, le travail d'un employé intelligent passant uniquement son temps à l'étude de la qualité du combustible et de sa manutention, est susceptible de rapporter à son administration une économie allant de 5 à 10 0/0 sur ce chapitre.

Dans les locomotives de construction récente, on a à peu près atteint la limite où un seul chauffeur peut suffire à faire le service du foyer. Si on continue à accroître les dimensions de celui-ci, il faudra de toute nécessité recourir à l'emploi d'appareils automatiques de chargement de la grille. Sur beaucoup de machines mises en service dans ces dernières années, l'emploi de systèmes de ce genre amènerait, sans aucun doute, une économie considérable.

On a beaucoup dit et écrit sur la combustion sans fumée du charbon bitumineux et on a présenté beaucoup de systèmes pour résoudre le problème, mais jusqu'ici aucun ne paraissait avoir réussi. Heureusement cette difficulté n'existe plus. Des expériences faites pendant l'année dernière ont fait voir qu'on possède actuellement une ou deux méthodes pratiques, par lesquelles les plus médiocres catégories de charbon bitumineux peuvent être brûlées sans aucune production de fumée noire et avec, tout au plus, quelques traces de coloration dans les gaz sortant de la cheminée, que la machine soit en marche ou en stationnement. Sur le New York Central and Hudson River R. R., un système de ce genre a été en service pendant dix mois et, depuis le 1er juin de cette année, il a été appliqué à une douzaine de machines, et les résultats ont été tels que son emploi a été spécifié pour tout le matériel à construire. Il a l'avantage de donner, en outre, une sérieuse économie de combustible. Des rapports relatifs à la marche des machines du New York Central, pourvues de ce système, font ressortir une économie de 15 à 20 0/0.

Fers à double T de très grandes dimensions. — On fabrique depuis quelque temps aux forges de Differdange, dans le Luxembourg, des fers à double T de très grandes dimensions, d'un profil spécial, dû à M. Henry Gray, ancien Ingénieur des forges de Carnegie, à Homestead, lequel a aussi imaginé le laminoir spécial qui est employé à la fabrication de ces fers.

Le profil est caractérisé par la largeur des ailes qui va jusqu'à 0,30 *m*, par la faible épaisseur de l'âme qui va de 10 à 21 *mm*. Les ailes ont leurs faces intérieures inclinées de 9 0/0; les congés qui raccordent ces faces à la tige ont de très faibles rayons.

Voici sommairement le mode de fabrication de ces poutrelles. On part de lingots d'acier Thomas, coulés directement du haut fourneau

au convertisseur, ces lingots pèsent 2,5 *t*, 4,5 *t* et même 6 *t* selon la dimension des poutrelles à laminer. Ils ont, en général, 0,50 × 0.50 *m*. On les dégrossit d'abord dans un laminoir à cylindres de 2,50 *m* de longueur et 1,10 *m* de diamètre, présentant des cannelures qui leur donnent la forme d'une barre de 5 à 6 *m* de longueur. Une puissante cisaille hydraulique affranchit les extrémités de ces barres qu'on réchauffe pour leur donner la forme définitive, dans un laminoir spécial.

Ce laminoir comporte deux jeux de cylindres placés l'un devant l'autre à une certaine distance. Le premier jeu comporte quatre cylindres, deux à axe horizontal et deux à axe vertical, tous les axes se trouvant dans un même plan vertical, perpendiculaire à la direction du laminage. Les cylindres horizontaux forment le double creux de la poutrelle, laissant l'âme au milieu, tandis que les cylindres verticaux font l'extérieur des ailes.

Le second jeu ne comporte que deux cylindres à axe horizontal qui servent au finissage de l'intérieur du fer.

Une particularité est que seuls les cylindres horizontaux sont commandés par le moteur. Les cylindres à axe vertical sont entraînés par adhérence par le contact sur leur face supérieure d'une saillie circulaire des cylindres horizontaux. Pour que l'adhérence soit suffisante pour l'entraînement, les cylindres verticaux contiennent à l'intérieur un piston qui, sous l'action d'une pression hydraulique, presse la partie supérieure du cylindre contre la saillie circulaire dont il vient d'être question. Ces cylindres verticaux ne tournent pas autour d'un axe matériel, ils sont retenus chacun par deux rouleaux verticaux placés à l'extérieur, c'est-à-dire à l'opposé du fer à laminer.

Le système est commandé par une machine à trois cylindres, de Ehrhardt et Sehmer, à Schleifmühle, développant 10 000 *ch* à 150 tours par minute; les cylindres ont 1,30 *m* de diamètre et autant de course. Les cylindres horizontaux du laminoir font 100 tours par minute.

Les forges de Differdange font actuellement dix-neuf types de poutrelles de 0,24 à 0,75 *m* de hauteur.

Nous reproduisons dans le tableau ci-dessous les éléments de six de ces types :

Numéros.	Hauteur.	Largeur des ailes.	Poids par mètre.
24 D	240 *mm*	240 *mm*	76,0 *kg*
28 D	280	280	103,4
34 D	340	300	131,4
42 1/2 D	425	300	167,9
55 D	550	300	226,1
75 D	750	300	263,4

Un essai fait au laboratoire de Charlottenbourg a montré qu'un fer de 320 *mm* de hauteur avec des ailes de 300 *mm* supportait 50 *t* sur une portée de 3 *m* entre les appuis. On peut employer les poutrelles du type 75 D, pour des ponts de chemins de fer à voie et charge normale jusqu'à 9 *m* de portée.

On monte un laminoir semblable aux forges de Duluth, aux États-Unis.

On trouvera de plus amples détails sur cette fabrication, dans le numéro du 16 août 1902, du *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.*

Four intensif. — M. F. Del Marmol a fait connaître à l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège, un four intensif de son invention, dont la disposition, très simple, nous paraît intéressante.

Théorie. — On sait que les fours actuels ont des murs et des voûtes unies à l'intérieur. C'est un défaut. En effet, les gaz de la combustion qui suivent ces surfaces unies, courent parallèlement, côte à côte, sans se mélanger. Si, au lieu d'être unies, ces surfaces étaient rugueuses, gaufrées, à cavités et reliefs, comme les alvéoles d'une ruche d'abeilles, les gaz entrant dans ces cavités puis ressortant par l'effet du tirage, suivant une diagonale, choqueraient les gaz du centre du four, et produiraient un véritable brassage des gaz variés du foyer ou du gaz d'éclairage, multipliant leurs points de contact, favorisant la combustion et provoquant une chaleur plus intense avec la même quantité de combustible.

Construction. — Comment réaliser ces surfaces rugueuses? Simplement : 1° le maçon posera les briques intérieures du four en retraites séparées par des pleins, d'une demi-brique, par exemple, de profondeur, où la chaleur doit être accumulée; 2° il posera, si l'on préfère, les briques en relief, soit séparées, soit en rouleaux. Après les quelques premières briques posées, le maçon ira tout aussi vite qu'avec des surfaces unies.

Dépense. — La dépense de construction n'est pas plus élevée que celle d'un four actuel, quel que soit le genre de four, à reverbère, à fusion, à carcaises, etc.

Résultats. — Avec un petit four d'essai à fondre le verre (pendant quatre à cinq mois de 1901), dont la grille mesurait 1,10 *m* sur 0,70 *m*, le tirage étant de 15 *m* de haut, ayant les surfaces *unies*, la fusion durait neuf et dix heures; avec surfaces à retraites alternatives d'une demi-brique, la fusion ne durait que deux heures et demie à trois heures, c'est-à-dire trois à quatre fois moins. Les murs et voûtes étaient devenus blancs éblouissants.

Avec un grand four métallurgique, des expériences répétées ont fourni une chaleur plus vive, un chauffage plus rapide des lingots et une température sensiblement égale dans toute la seconde moitié du four.

Calcul de la production plus forte. — Le grand four industriel donne approximativement dans sa seconde moitié :

$$1\,200^\circ + 800^\circ = 2\,000^\circ, \text{ soit } 1\,000^\circ \text{ en moyenne.}$$

Le four intensif donne approximativement dans sa seconde moitié :

$$1\,200^\circ + 1\,200^\circ = 2\,400^\circ, \text{ soit } 1\,200^\circ \text{ en moyenne.}$$

Les chaleurs à la sortie du four étant comme 800 est à 1 200 donnent 50 0/0 de plus au four intensif. 10 0/0 + 50 0/0 = 60 0/0; on ne

comptera que 20 0/0, ce qui est très modéré, comparé à la chaleur quatre fois plus grande dans le petit four (comme la production).

A 10 *m* de distance l'auteur a mis le feu à sa toiture, tant la chaleur était prolongée.

Production. — Cette production, évaluée à 20 0/0 en plus, avec même combustible et même main-d'œuvre, nécessitera une petite prime en plus à l'ouvrier.

La chaleur ne doit se concentrer dans le four, ni près de l'autel, ni à la sortie des grands fours métallurgiques.

Il est à conseiller de profiter d'un four en chômage pour y appliquer le système intensif, par économie; la crainte d'insuccès ne peut s'admettre, vu la dépense nulle et les résultats déjà acquis.

Le malaise de l'industrie, le trop plein des magasins, réduisant la disponibilité des capitaux peuvent retarder les dépenses d'amélioration, mais l'économie exige tous les perfectionnements qui amènent la prospérité.

John B. Fell. — L'Ingénieur anglais John Barraclough Fell est mort le 18 octobre dernier. Il avait fait, pendant quelques années, partie de notre Société, et s'était acquis une grande notoriété par ses applications du rail central à la traction sur les chemins de fer; aussi nous a-t-il paru utile de consacrer ici quelques lignes à sa mémoire.

Fell était né en 1816, à Londres; il fit toute sa carrière dans les études et la construction des voies ferrées. Il commença en Angleterre, puis alla en Italie en 1852, comme associé de l'entreprise Brassey; il établit entre autres les lignes de Gênes-Voltri, Florence-Arezzo, Lucques-Pistoia, les chemins de fer Romains, etc. Plusieurs de ces lignes comportent des tunnels importants.

L'attention de Fell se porta sur la question de l'adhérence artificielle comme solution du problème de l'établissement des voies ferrées dans les régions accidentées où il avait eu à travailler et l'emploi d'un rail central embrassé par des roues horizontales, disposition proposée, dès 1842, par le célèbre ingénieur Vignoles associé à Ericsson (1) lui parut présenter les meilleures chances de succès.

Ce système fut essayé au chemin de fer de Cromford and High Peak, en Angleterre, et les résultats parurent suffisamment favorables pour que Fell, grâce à de hautes influences, obtint du gouvernement français l'autorisation de renouveler l'expérience sur une partie de la route du Mont-Cenis comprise entre Lans-le-Bourg et le sommet. En cas de réussite on devait installer le système pour franchir entièrement le Mont-Cenis et raccorder les voies ferrées française et italienne en attendant l'achèvement du tunnel. C'est ce qui fut fait et le chemin de fer Fell fonctionna pendant deux ou trois ans, plus ou moins régulièrement. Les déclivités maxima étaient de 8,3 0/0 et le troisième rail était établi sur toutes les inclinaisons supérieures à 4 0/0. La voie était à l'écartement de 1,10 *m*. La plus grande difficulté se rencontra dans l'établisse-

(1) Le baron Seguier proposa également l'emploi du rail central, mais beaucoup plus comme moyen de sécurité contre les déraillements qu'au point de vue de l'adhérence artificielle.

ment des locomotives dont la construction était fort compliquée. Le chemin de fer du Mont-Cenis en eut jusqu'à dix-huit, dont cinq à deux cylindres et treize à quatre, fournies en presque totalité par les maisons Cail et Gouin.

Nous devons rappeler à ce sujet que, dans les Bulletins de 1894, vol. I, page 582, nous avons indiqué que, plusieurs années avant les travaux de Fell, un ingénieur allemand, Krauss, avait présenté au concours de Semmering un projet fort bien étudié d'une locomotive à quatre cylindres pour rail central, offrant une assez grande analogie avec un des types Fell exécutés plus tard pour le chemin de fer du Mont-Cenis.

On trouve dans les publications de notre Société plusieurs communications sur le système Fell. Après le Mont-Cenis, le système reçut encore deux applications, l'une au Brésil, l'autre dans la Nouvelle-Zélande. Dans une communication faite à notre Société en 1876, notre collègue Desbrières, ardent partisan du système Fell, terminait en disant que « le jour n'est probablement pas loin où ce système sera appelé à rendre des services importants à l'œuvre de l'achèvement du réseau européen. » Or, depuis cette époque, le rail central ne paraît pas avoir reçu de nouvelles applications; la crémaillère l'a remplacé avantageusement, avec une plus grande simplicité et une sécurité plus complète.

Fell s'occupa ensuite, pour l'administration de la guerre, de l'établissement de chemins de fer militaires portatifs dont il installa un spécimen au camp d'Aldershot, mais qui ne paraît pas avoir reçu d'application pratique. Il se retira ensuite complètement des affaires.

Fell avait été admis à la Société des Ingénieurs Civils en 1864, sur la présentation de Flachat, Desbrières et de M. Molinos; il en resta membre jusqu'en 1872.

Les freins continus en Autriche. — A la suite d'essais faits en Autriche, l'administration des chemins de fer de l'État Autrichien a été conduite à adopter, d'une manière définitive, le frein à vide à action rapide, de la Vacuum Brake Company et le ministère des chemins de fer a ensuite invité les Compagnies privées des chemins de fer autrichiens, par le décret que nous reproduisons ci-dessous, à suivre l'exemple des chemins de fer de l'État. Ce décret, signé du Ministre Impérial et Royal des Chemins de fer, est daté du 3 janvier 1902.

« Sur les demandes réitérées, faites aux conférences des Directeurs par l'Administration des Chemins de fer de l'État, de mettre à l'étude la question de l'introduction d'un frein continu automatique sur les chemins de fer autrichiens, les Directeurs de chemins de fer, dans la conférence de 1895, ont prié l'Administration des Chemins de fer de l'État de faire des essais suivis avec les systèmes de freins automatiques récents, dans le but de constater leur efficacité.

» Comme conséquence de ces demandes, le Ministère des Chemins de fer a porté son attention, non seulement sur l'étude théorique de cette question, mais a fait également des essais pratiques, en équipant avec le frein à vide automatique, à action rapide, les trains express réguliers circulant sur les lignes du Nord et du Nord-Est de l'État Autrichien, ainsi que tous les trains du Métropolitain de Vienne. Enfin, il a fait, au

printemps de l'année 1901, des trains comparatifs sur l'Arlberg et sur la ligne de Sigmundsherberg-Ziersdorf.

» Dans ces derniers essais, les trains composés de trente véhicules, ont été équipés avec le frein à vide automatique à action rapide de la Vacuum Brake C°, avec le frein à une seule chambre Schleifer, avec le frein automatique à action rapide Westinghouse et avec le frein Henry.

» Les essais comparatifs faits sur l'Arlberg avaient principalement pour but de se rendre un compte exact de la capacité de régulation de la pression dans les divers systèmes de freins sur les fortes pentes. Les essais comparatifs faits, seulement avec les trains munis du frein Westinghouse et du frein à vide entre Sigmundsherberg et Ziersdorf, avaient surtout pour but de comparer le fonctionnement de ces deux systèmes de freins, dans les diverses circonstances pouvant se produire aux grandes vitesses sur les lignes de niveau.

» Ces essais comparatifs, ainsi que les expériences faites antérieurement sur les trains en service sur le réseau des chemins de fer de l'État ont démontré d'une manière irréfutable que, si tous les freins continus automatiques peuvent être mis en comparaison, le frein à vide automatique de la Vacuum Brake C° est celui qui répond le mieux aux conditions qu'on peut exiger d'un frein continu. Ce frein se distingue par la sûreté de son action dans tous les cas possibles de fonctionnement (freinage de service et freinages rapides consécutifs en nombre illimité, les véhicules freinés ou avec conduites blanches pouvant être disposés d'une manière quelconque dans le train) par son réglage parfait, par son fonctionnement excessivement simple et surtout parce que le mécanicien peut, en toutes circonstances, se rendre compte de l'état du frein.

» Au dernier point de vue, il est bon de remarquer que le frein à vide automatique, contrairement au frein à air comprimé, n'a pas besoin de robinets sur la conduite principale à chacun des véhicules, robinets qui, étant fermés, soit par inadvertance, soit par malveillance, annulent, dans une partie du train, le fonctionnement du frein à l'insu du mécanicien.

» Quoique les résultats favorables des essais précédents justifient indubitablement l'introduction du frein à vide automatique sur tous les chemins de fer autrichiens, néamoins le Ministère des Chemins de fer a consulté, à ce sujet, en octobre 1901, les agents techniques de tous les grands réseaux des chemins de fer autrichiens privés, afin de pouvoir s'assurer s'il existait des divergences d'opinion sur cette question importante qui exige l'action commune de tous les chemins de fer autrichiens.

» Comme, à cette occasion, la supériorité du frein à vide automatique à action rapide de la Vacuum Brake C° a été reconnue, à l'unanimité, par toutes les Compagnies consultées, le Ministère des Chemins de fer invite toutes les Administrations de Chemins de fer autrichiens à s'intéresser vivement a l'équipement successif, avec le frein à vide automatique, à action rapide de la Vacuum Brake C°, de tous les trains de voyageurs circulant sur les lignes principales et, en premier lieu, des trains rapides.

» En corrélation avec ce frein, il y a lieu, également, de s'occuper de

l'application d'un signal d'appel manœuvrable de chacun des compartiments des voitures et permettant de supprimer le signal d'intercommunication électrique dont le fonctionnement n'est pas toujours assuré. pour les remplacer par un signal d'un fonctionnement sûr.

» Le Ministère des Chemins de fer doit ajouter qu'il n'autorisera la circulation des trains marchant avec une vitesse supérieure à 80 *km* à l'heure que lorsque ces trains seront équipés avec le frein à vide automatique à action rapide de la Vacuum Brake C°, et espère que les Administrations de chemins de fer verront dans l'installation du frein indiqué un moyen sûr d'augmenter la sécurité de l'exploitation et s'efforceront, dans leur propre intérêt, de répondre aux intentions du Ministre des Chemins de fer.

» Dans le but de mettre le Ministère des Chemins de fer dans la possibilité de se renseigner sur l'installation complète du frein à vide automatique à action rapide sur les Chemins de fer autrichiens, chaque Administration est priée de présenter un programme dans lequel elle indiquera dans quel ordre de succession et à quelle époque elle a l'intention d'achever l'équipement de tous ses trains de voyageurs avec le frein indiqué. »

Le détail des expériences sur l'Arlberg auxquelles il est fait allusion se trouve dans l'*Organ* (1901, page 149), lequel les reproduit de l'*Oesterreichische Eisenbahnzeitung*, organe officiel du Ministère des Chemins de fer d'Autriche.

Première fabrique de benzol et d'aniline de naphte en Russie. — Notre Collègue, M. L. Journolleau, veut bien nous communiquer l'intéressante note qui suit :

La puissante industrie manufacturière moscovite se fournit, comme on sait, de matières colorantes presque entièrement aux usines de produits chimiques d'Allemagne. Bien que, dans les laboratoires, les procédés d'extraction du benzol du naphte soient connus depuis plus de vingt ans, la première application industrielle n'en a été faite que cette année à la nouvelle usine en construction à Kinechma, près Nijni, sur la Volga.

Nous empruntons à M. Pantioukhoff, qui a visité l'usine, les intéressants renseignements suivants :

La fabrique de produits chimiques de Kinechma traitera annuellement 150 000 pouds de naphte et résidus de naphte, soit 2 500 tonnes pour produire, par le procédé Nikiforoff, 8 000 pouds de benzol (300 tonnes).

Ce procédé consiste en une double distillation et décomposition du naphte dans des alambics en fonte de forme horizontale spéciale. L'opération se fait en deux phases : première distillation à 500° et reprise des goudrons par une deuxième distillation à 1 000°.

La durée d'une opération est de trois jours. Le rendement en goudron industriel est de 38 0/0, tandis que l'on avait obtenu 43 0/0 au laboratoire. Le goudron renferme 50 0/0 de carbure d'hydrogène de la série aromatique. A la deuxième opération il donne le benzol brut et d'autres produits divers.

La fabrication est accompagnée de production de gaz servant à l'éclairage, de coke et de carbures lourds qu'on utilisera comme combustible. Le rendement en toluène et benzol est de 12 0/0, en naphtaline de 3, et en anthracine titrant 33, de 1 0/0.

Deux des appareils fonctionnent déjà à l'essai.

Le benzol brut sera raffiné par double distillation dont une à l'appareil de Savalle. Il ne sera livré au commerce que du benzol transformé en aniline dont les débouchés sont assurés dans les nombreuses teintureries en noir de la région.

On estime que le prix de revient du benzol sera de 1 rouble le poud et celui de l'aniline de 6 roubles, pour un prix de vente de 10 à 11 roubles.

Il ne semble pas que ces estimations soient exagérées. L'industrie du gaz d'éclairage au naphte, pratiquée depuis longtemps en Russie et qui présente certaines analogies avec l'industrie qui nous occupe, fournit de précieux éléments d'appréciation et de contrôle à cet égard.

Remarquons que le benzol russe paraît sur le marché à un moment peu favorable. La surproduction internationale avilit les prix au point qu'en janvier dernier le benzol titrant 30 0/0 se vendait à raison de 11 pences le gallon à Londres et que, depuis, le prix s'est abaissé à 9 pences, soit un peu plus de 1 rouble le poud, ou 0,17 *f* le kilogramme.

Protégé par des droits de douane prohibitifs — 20 cop. le poud le benzol brut et 1,50 rouble le raffiné — le nouveau produit russe semble devoir concurrencer avec avantage les produits et matières colorantes étrangères allemandes.

On compte dans le pays que cette tentative d'émancipation de l'industrie nationale aura d'heureux résultats et qu'elle constituera un pas en avant important à enregistrer dans les annales de l'industrie chimique russe.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Septembre 1902.

Étude des terres de la Cochinchine, par E. Lefeuvre.

Cette note étudie successivement : la constitution géologique de la Cochinchine, la composition du sol, sa teneur en azote, les causes qui peuvent influer sur cette teneur, la présence du soufre et l'origine de cette matière et, enfin, l'influence de la nature du sol sur la production agricole de la Cochinchine.

Le sulfure de fer, ses propriétés et son état dans le fer fondu, par MM. H. Le Chatelier et Ziegler.

Études récentes faites aux États-Unis sur **la fabrication des rails,** par M. H. Le Chatelier.

Il s'agit du résumé de plusieurs articles du journal *The Metallographist*, relatifs à l'amélioration de la qualité des rails. Il y est question de plusieurs modifications à introduire soit dans les procédés de fabrication et de finissage, soit dans les méthodes d'essai.

Notes de mécanique. — Nous trouvons dans ces notes la description de perforatrices et haveuses mécaniques, d'après M. R. H. Wainford, une note sur la préparation de l'oxygène par l'évaporation fractionnée de l'air liquide, d'après M. Linde, une sur les moteurs à alcool à l'exposition des industries de l'alcool à Berlin, d'après M. R. Schottler, enfin la manutention des minerais aux hauts fourneaux de l'Illinois Steel C°, système Hoever et Mason.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSEES

1er trimestre de 1902 (suite et fin).

Note sur le calcul des arcs métalliques surbaissés de section peu variable, par M. L. de Boulongne, Ingénieur des Ponts et Chaussées et M. Bodaux, Sous-Ingénieur du Bureau des constructions métalliques à la Compagnie des Chemins de fer P.-L.-M,

Il s'ágit d'arcs surbaissés à section peu variable, reposant sur plusieurs clavettes aux retombées avec tympans ordinaires, non assimilables à des tympans rigides. Il s'ensuit que l'arc doit être calculé comme articulé sur la fibre moyenne, sous la charge permanente seule

et comme encastré sur les retombées sous l'action des surcharges et des variations de températures, à la condition que les arcs aient été décintrés sur la clavette centrale et que les autres clavettes aient été posées et serrées, après décintrement, à la température moyenne. Mais l'encastrement en question n'est effectif que dans certaines limites. Il ne l'est que pour les combinaisons de surcharge et de température pour lesquelles la poussée totale, supposée répartie sur les deux clavettes extrêmes de la retombée, donnerait des valeurs positives, c'est-à-dire de compression, sur ces deux clavettes. En fait, on constate que l'encastrement reste à peu près rigoureusement effectif pour toutes les combinaisons de surcharges sans variation de température, mais il n'en est plus de même si la température varie ; l'encastrement disparait et l'articulation se produit sur les clavettes supérieures si la température s'élève et sur les clavettes inférieures si la température s'abaisse au-dessous de la moyenne. On doit donc pour le calcul préliminaire des actions élémentaires séparées de la charge permanente, de la surcharge et des variations de température, tenir compte de ces différences et considérer l'arc : sous la charge permanente, comme articulé sur la fibre moyenne ; sous l'action des surcharges, comme encastré sur ses retombées et sous l'action des variations de température, tantôt comme encastré sur les deux retombées, tantôt comme encastré sur une retombée et articulé sur l'autre et, enfin, comme articulé sur les deux retombées (clavettes supérieures ou inférieures).

Les auteurs ont cherché et trouvé, pour des arcs à section peu variable, des formules applicables à tous les cas considérés et qui donnent, avec une approximation très suffisante en pratique, la valeur et la position de la poussée horizontale des arcs, de manière à éviter les calculs laborieux de la méthode employée ordinairement, et qui consiste à supposer l'arc sectionné à la clef et à déterminer les actions (réactions horizontale et verticale et moment fléchissant), égales et de sens contraire, à appliquer aux deux faces de la section pour remettre en contact ces deux faces supposées tout d'abord déplacées sous l'action des forces extérieures.

La note donne, avec le calcul des formules en question, en forme de tableaux, les résultats de l'application de ces formules à un arc déterminé.

L'hypothèse de la faible variation de la section de l'arc, équivaut à admettre que les projections de la surface et du moment d'inertie d'une section quelconque sur le plan de la section à la clef sont constantes.

Expériences sur le ciment armé, par M. Breuillé, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'objet de ces expériences était de vérifier si réellement, comme on l'admet généralement, le ciment n'attaque pas le fer et si le béton armé n'a rien à craindre de l'action de l'eau. Or, dans des expériences faites à La Chainette et dont le détail est donné, le ciment a attaqué le fer, l'eau a dissout le composé qui se forme au contact de ces deux corps et l'adhérence du fer et du ciment a disparu lorsque l'eau a eu traversé le béton armé pendant un certain temps. Le poids du sel de fer adhérent au fer et l'adhérence normale ont augmenté avec le temps.

Le corroyage des digues en terre, par M. Galliot, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

La note décrit quelques nouveaux engins employés au corroyage des digues au canal de Bourgogne et au canal de la Marne à la Saône. Il y a un rouleau électrique avec prise de courant par trolley, un rouleau à vapeur et un rouleau à pétrole. L'auteur donne une comparaison des trois modèles au point de vue économique et conclut que, si les deux premiers sont à peu près équivalents, le dernier présente un avantage considérable sur eux, le coût annuel pour 200 jours de dix heures par an étant, pour le rouleau électrique, de 7 800 *f*, pour le rouleau à vapeur de 7 700 et, pour le rouleau à pétrole, de 5 800 seulement. Ces chiffres ne doivent d'ailleurs être pris que comme de simples approximations, et peuvent varier dans une proportion plus ou moins large selon les cas particuliers.

Établissement du touage mécanique dans le bief de partage du Canal du Nivernais, par M. Mazoyer, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Le touage a été établi sur une partie de 4 500 *m*, dont 3 440 *m* en souterrains ou tranchées profondes au moyen d'une chaîne de 16 *mm* de diamètre, s'adaptant à une roue à empreintes portée sur le toueur; celui-ci est muni d'un moteur à pétrole de 20 *ch* commandant la roue à empreintes par une transmission avec changement de vitesse; le toueur a coûté 30 000 *f*.

ANNALES DES MINES

7me livraison de 1902.

Étude sur **les feux des mines de houille** dans le bassin d'Aubin-Decazeville, par M. J. Abadie, Contrôleur des mines.

L'objet de cette note est d'examiner les circonstances dans lesquelles prennent naissance et se développent les incendies des mines de houille ainsi que les moyens employés pour les combattre. L'auteur divise les feux en trois groupes : les feux récents ou spontanés, les feux anciens et les incendies.

Les premiers sont les feux, quelle que soit leur importance, qui n'ont aucune relation avec d'autres plus anciens, soit dans une mine indemne jusque-là, soit dans un quartier de mine sans communication directe avec une partie déjà contaminée,

Les feux anciens sont les feux qui, n'ayant pu être combattus d'une manière efficace, ont continué d'exister depuis un temps plus ou moins long, soit dans un niveau déjà exploité, soit dans un quartier abandonné, soit même dans la zone des travaux en cours.

Enfin, on doit réserver le nom d'incendie à l'inflammation rapide d'une galerie ou d'une partie de mine dont la combustion est surtout alimentée par les matériaux du boisage.

La note étudie les circonstances dans lesquelles peuvent se produire ces divers feux et les moyens qu'on emploie pour les combattre, en s'appuyant sur un certain nombre d'exemples.

Commission du grisou. — Note sur **l'explosion survenue à la mine Universal**, le 24 mai 1901, par M. L. Aguillon, Inspecteur général des mines.

Cette explosion, survenue dans le Pays de Galles, a entraîné la mort de 81 personnes sur 82 présentes, et la perte de 50 chevaux sur 52 desservant l'exploitation souterraine. Les conséquences auraient été encore plus terribles si l'explosion ne s'était produite entre les deux postes, celui de jour et celui de nuit.

On employait de la gélignite comme explosif avec allumage électrique. Cet explosif était considéré comme explosif de sûrete de la liste officielle; il en a été retiré depuis.

L'enquête officielle semble ne voir, dans ce cas, qu'une simple explosion de poussières allumée par un coup de mine, sans qu'il soit besoin de faire intervenir la présence du grisou, mais ces conclusions paraissent avoir soulevé une assez vive opposition et on a trouvé que certains faits constatés s'expliquaient difficilement par l'action seule des poussières.

Essai sur un grisoumètre électrique, par M. G. Léon, Ingénieur des Mines.

Cet appareil est basé sur un principe indiqué dès 1878, par l'Ingénieur anglais Liveing, consistant à apprécier, à l'aide d'un petit photomètre, la différence d'éclat de deux fils de platine portés au rouge blanc par le même courant et placés, l'un dans l'air pur, l'autre dans l'air grisouteux à étudier. L'auteur s'est proposé d'examiner, non pas la différence d'éclat ou la différence d'allongement, comme on l'a proposé, mais la différence de résistance électrique.

Un appareil construit sur ce principe a permis de reconnaître par lecture directe avec une erreur inférieure à deux millièmes, la teneur en grisou des retours de mines. L'appareil mesurant $0,26 \times 0,126 \times 0,126$ ne pèse que 3,5 *kg*.

Expériences et théories sur **le tube de Pitot et sur le moulinet de Woltmann**, par M. Rateau, Ingénieur des Mines.

L'auteur discute un certain nombre d'expériences faites avec ces appareils et conclut qu'on ne doit, pour le second, employer que de petits moulinets fixés, pour les tarages, à l'extrémité de tiges du plus petit diamètre possible, ces tiges, ainsi que les pieux de la cage, ayant une section triangulaire. On doit, de plus, amincir en biseau le bord des ailes des moulinets.

Note sur des **dispositifs de sécurité à appliquer aux récipients de vapeur à couvercle amovible**, par M. Maurice Bellom, Ingénieur des Mines, Secrétaire de la Commission centrale des machines à vapeur.

L'attention des industriels a déjà été appelée sur les dispositions à

prendre pour que les boulons de fixation des couvercles ne puissent s'échapper en se déversant vers l'extérieur. Mais il est un autre danger qui ne paraît pas être suffisamment connu; ce danger consiste dans l'éventualité d'une projection de vapeur et d'eau, lorsque le couvercle est libéré avant que toute pression ait disparu à l'intérieur du récipient.

La note cite quelques accidents graves survenus dans ces conditions.

Il paraît donc nécessaire de placer, sur le couvercle, un robinet d'épreuve permettant de reconnaître si toute pression a disparu à l'intérieur du récipient avant qu'on démonte le couvercle.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Août 1902.

DISTRICT DE PARIS.

Réunion du 14 juin 1902.

Communication de M. DELAFOND sur **les bassins houillers de Blanzy et du Creusot.**

L'objet de la communication est de discuter l'hypothèse qui consiste à admettre que les assises houillères des deux bordures de la cuvette formant le bassin de Blanzy et du Creusot se réunissent en profondeur de telle sorte que le fond tout entier de la cuvette serait occupé par le terrain houiller. On arriverait ainsi à attribuer au bassin la richesse colossale de 10 milliards de tonnes. L'auteur ne croit pas, pour des raisons qu'il développe, qu'il y ait grande espérance à fonder sur cette hypothèse, mais il ne croit pas, d'autre part, que la partie inférieure du bassin de Blanzy soit stérile, comme on l'admet généralement, et il pense qu'il serait rationnel d'exécuter des recherches dans ce sens.

Communication de M. DE GENNES sur **l'extraction intensive dans quelques mines anglaises.**

L'auteur cite quelques exemples d'installations qui permettent d'élever au jour des quantités considérables, allant à 5 000 *t* par jour, mais certaines de ces installations sont très compliquées.

Communication du même auteur sur **l'importance du facteur temps dans les mines.**

En France, dans les calculs du prix de revient dans les houillères, on se préoccupe, avec raison, d'établir aussi exactement que possible le facteur dépenses, mais on néglige plus ou moins le facteur temps, qui est plus difficile à évaluer. Or, ce facteur a une importance considérable; il y a des cas où on pourra trouver une notable économie à dépenser plus et à avoir le résultat dans un temps beaucoup moindre; le capital n'aura pas été immobilisé aussi longtemps et des travaux pourront être faits qui viendront le rémunérer plus rapidement, etc. L'auteur explique cette manière de voir par des exemples.

Communication du même auteur sur **l'unification des unités dans les statistiques** et, particulièrement, à propos de l'exhaure.

Il y aurait intérêt à employer toujours les mêmes unités pour apprécier certaines quantités, par exemple, la vitesse des cages dans les puits, la quantité d'eau extraite des mines, le temps que dure cette extraction, etc. L'auteur donne quelques indications sur les unités qui pourraient être adoptées.

Communication de M. de Krivochopkine sur un **laveur d'or.**

Il s'agit d'un laveur pour essais de minerais, consistant en trois flacons laveurs, de capacité croissante, communiquant entre eux au moyen de tubes de verre et de caoutchouc et dans le premier desquels on fait arriver de l'eau sous pression. Les matières en suspension se déposent, par ordre de grosseur, du premier au troisième flacon. Cet appareil est portatif et commode pour les prospections.

District de Saint-Étienne.

Réunion du 5 juillet 1902.

Communication de M. Lapouche sur **le couplage en parallèle et en série des ventilateurs.**

L'auteur compare le couplage en parallèle et en série des ventilateurs de mines. Il conclut que le groupement en tension ne doit être employé que lorsqu'il y a nécessité absolue d'y recourir, pour avoir, par exemple, une dépression dépassant une certaine valeur, car il conduit à utiliser deux ventilateurs plus grands que le ventilateur unique équivalent. Ces conclusions résultent d'expériences faites sur des ventilateurs Rateau de grande puissance.

Communication de M. Dufès sur **une machine d'extraction actionnée par l'électricité.**

C'est une étude faite par la Compagnie de Fives-Lille et qui n'a pas été exécutée. Il s'agissait d'extraire d'une profondeur de 800 *m* des cages de 5 535 *kg* de poids mort portant 3 000 *kg* de charbon.

Le travail varie de 270 à 650 *ch* et l'effort de démarrage correspond à trois fois le couple pendant la marche normale.

Les moteurs seraient du type triphasé avec induits bobines, tournant à 125 tours par minute et commandant les bobines par des engrenages. La mise en marche s'effectue par un rhéostat liquide intercalé dans les circuits d'induit. Ce rhéostat se compose d'une cuve en fonte dans laquelle plongent les lames de fer fixes reliées aux trois circuits de l'induit. Lors du démarrage, on démasque une vanne qui permet à l'eau d'un réservoir d'arriver dans la cuve de manière à la remplir en huit secondes. A partir de ce moment, la venue d'eau est réduite de façon à n'en conserver que le débit suffisant pour empêcher un échauffement anormal du liquide.

Résumé, par M. Verney, d'un article du *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* sur **les machines d'extraction électriques**, par M. C. Köttgen.

Cet article décrit quelques installations qui existent déjà depuis un certain temps, et examine suivant quels types pourraient être comprises des machines d'extraction de plus grande importante.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 38. — *6 septembre 1902.*

Comparaison entre les supports de tourillons à glissement et à roulement, par M. Stribeck.

Nouveaux progrès dans la construction des locomotives, par A. von Borries *(fin).*

Les machines agricoles, par H. Grundke *(fin).*

Chauffage à eau chaude, système Reck, par H. Fischer.

Groupe de la Thuringe moyenne. — Savon et poudre pour outils à forer.

Groupe de la Haute-Silésie. — Visite de la mine de Brzezowitz, près Scharley.

Groupe de Poméranie. — Construction moderne des grues, au point de vue de la mécanique et de l'électrotechnique.

Groupe du Schleswig-Holstein. — Matériaux isolants et appareils de refroidissement au point de vue de la protection des soutes à munitions des bâtiments de guerre.

Bibliographie. — Constructions hydrauliques, par M. Strubel.

Revue. — Valeur industrielle des inventions brevetées. — Épuration des eaux potables par l'ozone, au moyen de la méthode Vormaer-Lebret. — Poulie de transmission à diamètre variable. — Fonds de cylindres pour machines-tandem.

N° 37. — *13 septembre 1902.*

Progrès dans les appareils de levage par l'introduction de l'électricité, par von Kammerer.

Exposition de Dusseldorf. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite).*

Recherches sur les moteurs à gaz, par E. Meyer *(fin).*

Exposition de Dusseldorf. — Machines pour les mines et la métallurgie actionnées par des moteurs à vapeur, par M. Dubbel *(suite).*

Régularisation de la marche des moteurs à vapeur, par B. Rülf *(fin).*

Groupe de Wurtemberg. — Le plus important gisement de houille en Allemagne.

Bibliographie. — L'industrie des constructions navales en Allemagne et dans les autres pays, par T. Schwarz et E. von Halle.

Revue. — Nouvelles locomotives à grande vitesse des chemins de fer badois. — Assemblée générale de l'Iron and Steel Institute.

N° 38. — *20 septembre 1902.*

Exposition de Dusseldorf. — Les forges et aciéries, par Fr. Frölich.

Progrès dans les appareils de levage par l'introduction de l'électricité, par von Kammerer *(fin).*

Machines élévatoires des eaux de Charlottenbourg, à Johannisthal, près Berlin, par E. Alberts.

Comparaison entre les supports de tourillons à glissement et à frottement, par Stribeck *(suite).*

Groupe de la Ruhr. — Turbine à vapeur de Brown, Boveri et Cie, du système Parsons.

Revue. — Cinquante ans d'existence des mines et usines de Hoerde. — Wagon d'expériences du Chicago, Burlington and Quincy R. R. — 100e anniversaire de la Königshütte, dans la Haute-Silésie.

N° 39. — *27 septembre 1902.*

Accumulateur d'eau froide pour condenseurs, par F. J. Weiss.

Exposition de Dusseldorf. — Machines pour les mines et la métallurgie actionnées par des moteurs à vapeur, par H. Dubbel *(fin).*

Comparaison entre les supports de tourillons à glissement et à roulement, par R. Stribeck *(fin).*

Appareils mécaniques pour la manutention et le magasinage des combustibles et des minerais, par M. Buhle.

Nouveautés pour le traitement des minerais d'or, par H. Pape.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Fixation des meules sur leur axe.

Bibliographie. — Les machines-outils, par H. Fischer.

Revue. — Mâchoire pour tour, de Scott et fils. — Le système métrique aux États-Unis.

N° *40.* — *4 octobre 1902.*

Exposition de Dusseldorf. — Les moteurs à gaz, par R. Schöttler *(fin).*

Accumulateur d'eau froide pour condenseurs, par F. J. Weiss *(suite).*
Gaspard Schott (1608 à 1666), par Th. Beck (1).

Exposition de Dusseldorf. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite).*

Lois des allongements élastiques, par W. Schüle.

(1) Jésuite allemand auteur de diverses inventions pour la mécanique et les mines.

Groupe de Hambourg. — La machine à vapeurs combinées de Behrend et Zimmermann, ses résultats et son développement.

Bibliographie. — Bases de la sidérologie, par H. von Juptner. — Machines à courant continu, par E. Arnold. — Tables de construction pour les dynamos, par E. Arnold.

Revue. — Bateau à hélice à faible tirant d'eau de Yarrow et Cie. — Égalisation de la température de l'air chauffé. — La ligne Chiavenna-Colico-Sondrio, du chemin de fer de la Valteline.

N° 41. — *11 octobre 1902.*

Exposition de Dusseldorf. — Appareils pour la meunerie, le broyage, le transport et la manutention des matières diverses, par H. Rasch.

Sur la manière dont se comportent à des températures élevées le fer, le cuivre, l'aluminium, le laiton et le bronze, par W. Dittenberger.

Électricité et résistance des diverses sortes de fer à diverses températures, par C. Bach.

Les usines de la Société par actions Gutehoffnungshütte, à Oberhausen et Sterkrade, par Fr. Frölich *(suite).*

Exposition de Dusseldorf. — Les appareils de levage, par A. Ernst *(suite).*

Groupe de Berlin. — La vapeur et l'électricité.

Assemblée générale des métallurgistes allemands, à Dusseldorf, le 28 septembre.

Revue. — Toueur avec moteur à pétrole.

N° 42. — *18 octobre 1902.*

La vapeur à double hélice *Amur*, construit par les chantiers et ateliers Neptun, à Rostock.

Exposition de Dusseldorf. — Les appareils de levage, par A. Ernst *(suite).*

Vérification des ressorts d'indicateur, par E. Roser.

Exposition de Dusseldorf. — Les chemins de fer et les moyens de transport, par M. Ruhle *(suite).*

Accumulateur d'eau froide pour condenseurs, par F. J. Weiss *(fin).*

Groupe de Berlin. — Création d'une école technique moyenne à Berlin.

Revue. — Résultat du concours pour un projet de traction électrique sur le canal de Teltow. — Construction de grands moteurs à gaz.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :
A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

IIe SECTION

Histoire documentaire de la mécanique française (fragments), d'après le Musée Centennal de Mécanique à l'Exposition universelle de 1900 (1), par Émile EUDE, Ingénieur de la Classe 19 à l'Exposition de 1900.

On n'a pas oublié qu'il existait, à l'Exposition de 1900, au premier étage de la Galerie des Machines, du côté de l'avenue La Bourdonnais, un emplacement assez restreint où, sous le nom de Musée Centennal, les organisateurs des quatre classes formant le Groupe IV avaient réuni une collection de documents rétrospectifs, modèles, reproductions de dessins, etc., se rapportant à ce groupe. Ce musée, nous regrettons de le dire, n'a pas attiré l'attention qu'il méritait, et bien des visiteurs de l'Exposition, même appartenant à notre profession, ont dû passer à côté sans se douter de l'intérêt très réel qu'il présentait.

M. Eude, Ingénieur de la Classe 19 (chaudières et machines à vapeur), a eu l'heureuse idée d'écrire, sous le titre qui se trouve en tête de cet article, une série de petites études détachées qui, dit-il, sont réunies entre elles par un lien logique, le lien même du catalogue dressé naguère pour l'Exposition selon la classification du Conservatoire des Arts et Métiers, de sorte que cet ouvrage constitue, pour ainsi dire et sur une échelle évidemment restreinte, un catalogue de la Mécanique française rètrospective. Ces notices sont complétées par des renseignements biographiques plus ou moins complets sur les auteurs des inventions ou progrès décrits et par des portraits quand l'auteur a pu se les procurer au prix souvent des plus grandes difficultés.

Les sujets traités se rapportent à six chapitres, suivant la classification adoptée pour les tableaux photographiques du Musée Centennal.

Ces chapitres ont les titres et la composition suivants :

1° Mécanique rationnelle, comprenant : cinématique et dynamique des gaz et vapeurs;

2° Machines motrices, moteurs animés, moteurs hydrauliques, moteurs pneumatiques et moteurs thermiques;

3° Transmission du travail. comprenant : transmissions mécaniques et appareils régulateurs;

4° Machines élévatoires et de compression, comprenant l'élévation des solides et des liquides et la compression et la mise en mouvement des gaz;

5° Mesure des quantités mécaniques, savoir : mesure des poids, mesure des forces et puissances, des pressions, des temps et vitesses, des volumes, du travail et mesures diverses;

6° Divers ; ce dernier chapitre s'occupe principalement des machines-outils pour le travail du bois et des métaux.

(1) In-4°, 315 × 225, de IX-323 p. avec 165 fig. et 42 portraits. Paris, Ve Ch. Dunod, 1902. Prix : broché, 15 francs.

Dans la préface, en tête de laquelle se trouve sous forme d'épigraphe l'observation suivante attribuée à un visiteur étranger et que nous nous reprocherions de ne pas citer ici : « Votre Musée de la Mécanique est la revanche des morts. Il devrait rendre les vivants modestes », M. Eude exprime le regret, qui sera partagé par tous les Ingénieurs, d'être obligé de reconnaître tout d'abord que les collections dont il s'agit ne se rapportent qu'au Groupe IV, dit de la Mécanique générale, au lieu d'embrasser la Mécanique en général, ce qui, selon l'observation humoristique de l'auteur, n'est pas du tout la même chose.

Ce caractère par trop restreint du Musée Centennal, caractère que la nomenclature ci-dessus fait apprécier à première vue, tient à l'origine même de l'œuvre qu'il eût été désirable de voir organisée par l'Administration même de l'Exposition, de manière à réunir tous les documents techniques rétrospectifs épars dans les diverses sections pour en faire une œuvre d'ensemble d'une importance considérable qui eût certainement été une des curiosités de l'Exposition. On a préféré laisser cette organisation, sous une forme nécessairement restreinte, entre les mains d'un seul groupe, de sorte que malgré le zèle et le dévouement des personnes qui s'en sont occupées, le Musée Centennal n'a pu être en réalité qu'une annexe très modeste de l'Exposition du Groupe IV.

On trouve là une nouvelle manifestation de l'indifférence regrettable qu'on rencontre trop souvent en France pour les choses du passé pour peu qu'elles se rapportent aux sciences et à l'industrie. Nous avons eu plusieurs fois l'occasion de la signaler au cours de nos Chroniques.

Cette indifférence, qui a toujours existé chez nous et qui contraste fâcheusement avec le soin pieux que mettent d'autres nations à conserver les traces des développements successifs qu'ont pris chez elles les arts industriels, est en partie la cause de l'extrême difficulté qu'on éprouve aujourd'hui à trouver des documents un peu développés sur l'origine des sciences et de l'industrie et sur les hommes à qui on doit leur introduction et leur développement dans les premiers temps. Nous ne sommes peut-être pas beaucoup plus fixés sur l'histoire de certaines industries de première importance aujourd'hui que sur celle des Égyptiens ou des Babyloniens. Pour ne remonter qu'au siècle dernier, les grandes maisons qui, dans sa première moitié, ont créé en France la construction des machines, ont disparu depuis longtemps, leurs archives ont été détruites ou dispersées ; nous ne parlons pas de celles qui, existant encore, se sont débarrassées de tous documents techniques remontant au delà d'une certaine date, comme nous pourrions en citer des exemples. Le personnel correspondant à cette période ayant disparu, on a aujourd'hui toutes les peines du monde à trouver, sauf exception, des renseignements un peu détaillés sur ces ateliers et leurs fondateurs. Il nous suffira de citer, pour ne parler que des plus importants : les ateliers de Perrier et Edwards, à Chaillot ; de Manby et Wilson, à Charenton ; de Aitken et Steel, à la Gare ; de Pauwels, à la Chapelle ; de Cavé, à Paris (1) ; d'Hallette, à Arras ; de Meyer, à Mulhouse, etc. Ajoutons l'absence, ou tout au

(1) Nous pourrions faire exception pour les ateliers Cavé sur lesquels, ainsi que sur leur éminent fondateur qui fut membre de notre Société, notre collègue, M. Jules Gaudry, a publié, dans nos Bulletins, en 1875, une notice très documentée.

moins la rareté des publications techniques dans cette période pour laquelle le *Bulletin de la Société d Encouragement*, auquel on ne saurait trop rendre justice, est, avec la publication des brevets, à peu près la seule source qui nous permette de trouver un peu de lumière.

M Eude nous raconte, au cours de son ouvrage, le mal qu'il a eu à recueillir les renseignements nécessaires pour constituer un embryon de biographie sur certains des hommes qui ont joué un rôle considérable dans les sciences ou l'industrie, et surtout pour se procurer leurs portraits quand il a pu y réussir. Il signale, à ce sujet, l'ingratitude de la plupart des corps savants et des grandes écoles dont les archives sont muettes sur leurs plus illustres membres et leurs plus glorieux maîtres et élèves.

Les difficultés que nous venons de signaler doivent d'autant plus faire apprécier le mérite de l'œuvre à laquelle se sont voués, d'une part, les organisateurs du Musée Centennal et, de l'autre, M. Eude, en tirant de l'oubli quantité de documents précieux et en les portant à notre connaissance sous forme d'un ouvrage qui a sa place indiquée dans toutes les bibliothèques d'Ingénieurs. Le succès que nous souhaitons à l'auteur et à l'éditeur amènera, nous n'en doutons pas, la publication prochaine d'une seconde édition où pourront être réparées quelques omissions, erreurs ou confusions inévitables dans la rédaction d'un ouvrage de ce genre.

Il est à peine besoin de dire que ce livre est édité avec tout le soin qu'on peut attendre de la maison Vve Dunod; il contient un grand nombre de figures dont 42 portraits.

A. MALLET.

Les ports maritimes de l'Amérique du Nord, par MM. le BARON QUINETTE DE ROCHEMONT, Inspecteur général et H. VÉTILLARD, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

II. **Régime administratif des voies navigables et des ports** (1).

A la suite de deux voyages entrepris aux Etats-Unis, MM. le Baron Quinette de Rochemont et Vétillart ont publié un important ouvrage sur les ports maritimes de l'Amérique du Nord.

La deuxième partie de cet ouvrage vient de paraître; il traite du régime administratif des voies navigables et des ports aux États-Unis.

Les questions étudiées dans ce volume sont si vastes et si nombreuses qu'il ne nous est pas possible de les analyser toutes dans l'espace qui nous est accordé. Mais nous tenons à signaler qu'avant d'aborder le sujet spécial de leur étude les auteurs donnent au lecteur des renseignements très intéressants sur les institutions politiques et administratives aux États-Unis.

On saisit, en effet, beaucoup mieux, après avoir été initié au rouage politique de la grande République américaine, le rôle de la Fédération, celui des États, ainsi que celui des divers pouvoirs et corporations, dans

(1) Un volume in-8°, 260 × 155, de 589 pages, Paris, Vve Dunod, éditeur, 1902. — Prix : broché, 15 francs.

l'organisation administrative et légale des voies navigables et des ports.

En suivant l'ordre historique, les auteurs étudient d'abord le régime légal de la navigation et des eaux navigables sous l'empire de la *common law* anglaise, et nous montrent ensuite les modifications introduites par la loi américaine dans les règles de la common law.

Ce qui caractérise la loi américaine, c'est qu'elle tient beaucoup plus compte, que ne le faisait la loi anglaise, des droits collectifs des citoyens; elle livre les rivières navigables et les grands lacs à la communité, et supprime, même sur les rivières qui ne sont pas sujettes au jeu des marées, l'extension du droit de propriété des riverains jusqu'au milieu du courant. Elle considère les voies navigables naturelles, comme des voies publiques *(public highways)*.

Des renseignements très intéressants sont donnés sur les droits accessoires à celui de la navigation, tels que ceux de stationnement, d'ancrage, d'amarrage, d'échouage, de halage etc., ainsi que sur les divers cas d'obstacles à la navigation et des obligations et avantages résultant des travaux exécutés en vue de rendre les cours d'eau navigables. Les passages qui traitent de la suppression des péages sur les voies navigables artificielles (canaux) appartenant aux États-Unis, ainsi que ceux qui parlent des droits perçus dans les ports sous forme de droits de tonnage et de droit sur les passagers, attirent également toute notre attention.

Par de nombreux exemples le lecteur est mis au courant de la mesure dans laquelle l'administration des États-Unis ou celles des divers États interviennent dans les améliorations, dans l'entretien, et dans la police des eaux navigables, c'est-à-dire, des ports, fleuves et rivières, lacs et canaux. Les nombreuses citations des décisions de la Cour suprême, qui tranche les questions d'interprétation des lois et d'attributions de droits, donnent une idée exacte de l'importance attachée, aux États Unis à la navigation comme service public.

Tout en réservant à l'État le droit de sauvegarder l'intérêt général sur les voies navigables et dans les ports, l'initiative privée des riverains, ainsi que celle des villes situées aux bords des eaux, a toujours été encouragée. Les renseignements sur l'organisation de l'administration des ports américains nous montrent combien on sait, aux États-Unis, qu'il y a danger à vouloir trop uniformiser et qu'il y a intérêt à résoudre les problèmes selon les conditions spéciales de chaque cas particulier.

Loin d'être aride, comme le sont souvent les ouvrages de ce genre, le volume sur le régime administratif des voies navigables et des ports aux États-Unis est d'une lecture facile. Le légiste, le commerçant, l'ingénieur, qui aura étudié l'ouvrage de MM. Quinette de Rochemont et Vétillard, pourra se dire qu'il en sait plus sur les voies navigables des États-Unis que s'il s'était rendu lui-même sur place pour recueillir des renseignements.

Il faut, en effet, être préparé, comme l'ont été, par leur longue carrière spéciale, les auteurs de l'ouvrage en question, pour pouvoir approfondir et résumer comme ils l'ont fait tout ce qu'ils ont vu.

Ernest Pontzen.

IIIe SECTION

Le bassin houiller du Nord de la Belgique (1), par M. Émile Harzé (Extrait des *Annales des Travaux publics de Belgique*, août, 1902).

Comme il l'a déjà fait, dans sa conférence du 7 mai, devant la Société belge des Ingénieurs et des Industriels, l'auteur, dans cette brochure, expose les précédents qui ont conduit à la découverte du nouveau bassin houiller limbourgeois.

Se basant sur le synchronisme des bassins franco-belge et westphalien, les Allemands avaient commencé à reconnaître l'extension de la vallée houillère de la Ruhr, vers l'ouest, au delà du Rhin, et étaient arrivés ainsi jusqu'à la mise en exploitation de celle de la Wurm, près d'Aix-la-Chapelle.

Puis, les Hollandais, à leur tour, reconnurent près de là, à Kerkrade, dans leur Limbourg, une nouvelle dépression houillère s'orientant vers l'ouest.

Il y a plus de trois ans, la Société géologique de Belgique mit à son ordre du jour la question de l'extension éventuelle, dans le nord de ce pays, d'une nouvelle vallée houillère, et des communications très intéressantes lui furent présentées, dont M. Harzé rapporte les traits essentiels.

Des sondages, dans cet ordre d'idées, furent donc inaugurés, d'abord en 1897, par Jules Urban, au nord de Liège, près de Maëstricht, à Laeneken, où il aurait déjà rencontré le schiste houiller; ensuite, par M. le professeur Dumont, en 1898, à Eelen, à Opoeteren, à Guitrode, où l'on atteignit le grès triasique, et enfin à Asch, où le succès couronna toutes les espérances par la découverte, à 530 *m* de profondeur, d'une couche de charbon.

Depuis lors, trente-deux sondages ont été établis par de nombreuses Sociétés, à l'ouest de la Meuse, jusque dans la région anversoise; onze d'entre eux ont reconnu jusqu'à treize couches de houille, entre Lanklaer et Westerloo, sur une distance de 55 *km*, offrant ainsi un nouveau et vaste champ d'activité à l'industrie belge, et quinze demandes de concession ont déjà été faites, d'une superficie totale de 30.052 *ha*.

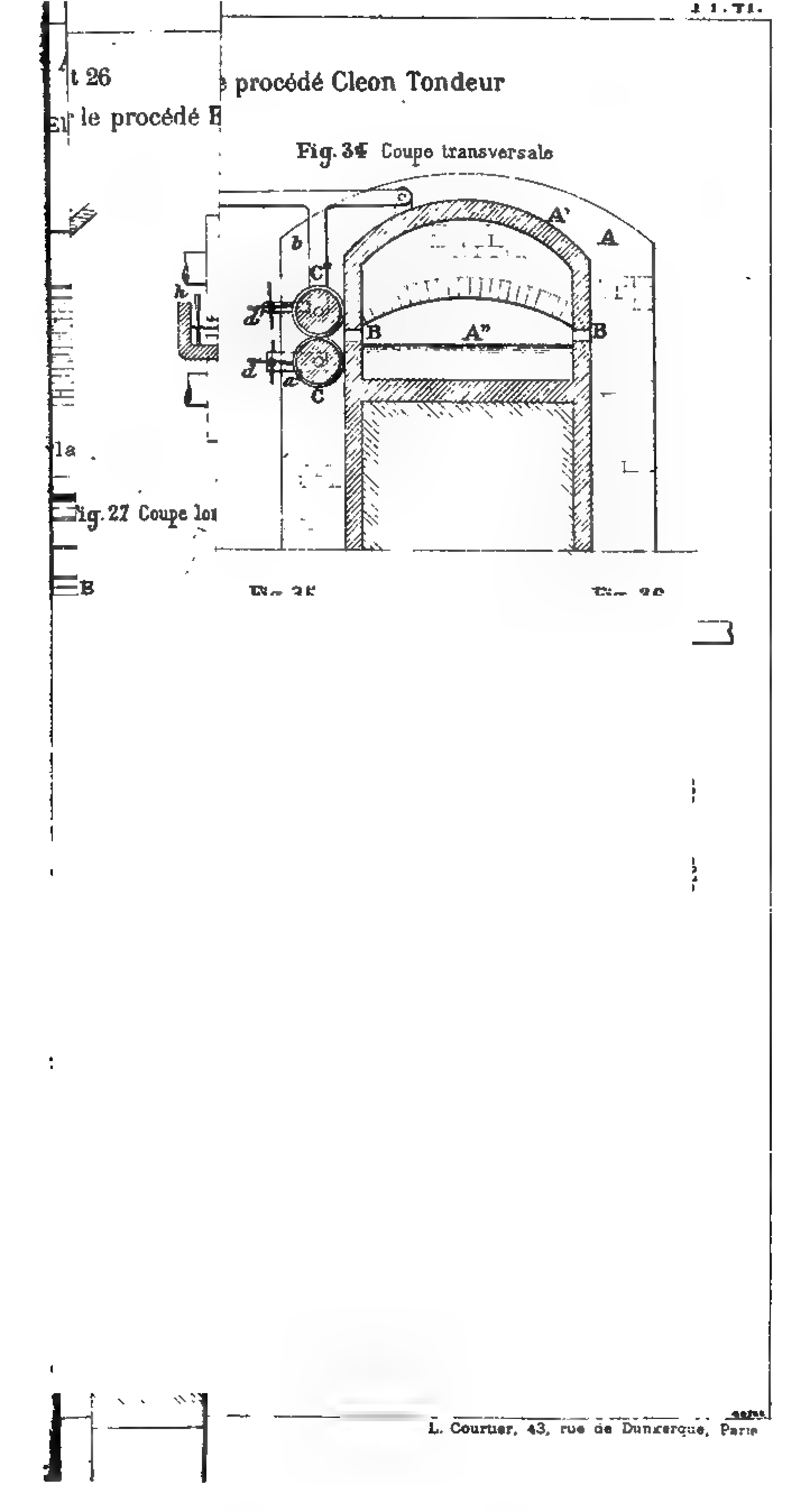
M. Harzé a illustré son travail de schémas géologiques, de représentations graphiques; il l'a complété de faits nouveaux et de diverses considérations fort intéressantes, ainsi que d'un historique de l'industrie houillère belge depuis 1830.

J.-M. Bel.

(1) In-8°, 235 × 155 de 34 p. avec 8 fig. Bruxelles, J. Goemaere 1902.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 20104-11-02. — (Encre Lorilleux).



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

NOVEMBRE 1902

N° 11.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de novembre 1902, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

Ministère de l'Agriculture, Bulletin (Annexe). Direction de l'Hydraulique agricole. Documents officiels. Statistique. Rapports. Supplément au fascicule Z (in-8, 280 × 180 de 101 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 42311

Ministère de l'Agriculture, Bulletin. Direction de l'Hydraulique agricole. Documents officiels. Statistique. Rapports. Table générale des matières du fascicule A au fascicule Z inclus (in-8, 280 × 180 de 80 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 42312

Astronomie et Météorologie.

Annuario publicado pelo Observatorio do Rio de Janeiro para o anno de 1902. Anno XVIII (Ministerio do Industria, Viaçao e Obras publicas) (in-16, 180 × 125 de x-318 p.). Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, 1902. 42285

Chimie.

Ditte (A.). — *Introduction à l'étude des métaux. Leçons professées à la Faculté des Sciences*, par Alfred Ditte (in-8°, 250×165 de 488 p. avec 42 fig.). Paris, Société d'Éditions scientifiques, 1902 (Don de l'éditeur). 42341

Moureu (Ch.) — *Notions fondamentales de chimie organique*, par Ch. Moureu (in-8°, 225×145 de VI-292 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1902 (Don de l'éditeur). 42323

Pozzi-Escot (E.). — *État actuel de nos connaissances sur les oxydases et les réductases. Établissement du groupe nouveau des réductases*, par M. Emm. Pozzi-Escot. Préface de M. le docteur J. de Rey-Pailhade (in-16, 185×120 de 240 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 42321

Construction des Machines.

Annual Report of the Chief of the Bureau of Steam Engineering, 1902 (in-8, 230×145 de 192 p. avec 14 fig.). Washington, Government Printing Office, 1902. 42338

Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France. Exercice 1901-1902, XIXe Bulletin (in-8°, 255×170 de 203 p.). Lille, Imprimerie L. Danel, 1902. 42298

Eude (E.). — *Histoire documentaire de la mécanique française (Fragments). D'après le Musée centennal de la mécanique à l'Exposition universelle de 1900*, par Émile Eude (in-8°, 315×225 de IX-323 p. avec 165 fig. et 42 portraits). Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 42307

Éclairage.

Guide-Annuaire général des industries gaz, eaux, électricité. Édité par le Journal Revue Gaz et Électricité. Directeur Émile Fleury. *Huitième année 1902* (in-8°, 220×135 de 583 p.). Paris, Imprimerie des Arts et Manufactures, 1902. 42299

Économie politique et sociale.

Compte rendu des travaux de la Chambre de Commerce de Paris. Année 1901 (in-8, 280×175 de 616-56-XI p.). Paris, Librairies-Imprimeries réunies, 1902. 42301

Die Entwicklung des Arbeiterwohnungswesens auf der Gussstahlfabrik von Fried. Krupp zu Essen a. d. Ruhr (une brochure 220×150 de 53 p., dont 30 pages de dessins). Essen, Fried. Krupp. 1902 (Don de M. E. Cacheux, M. de la S. de la part de M. Fried. Krupp). 42291

Führer durch die Krupp'schen Arbeiter-Kolonien (une brochure, 165×105 de 26 p. avec 13 illustrations) (Don de M. E. Cacheux, M. de la S., de la part de M. Fried. Krupp). 42290

Histoire documentaire de l'industrie de Mulhouse et de ses environs au XIXe siècle (Société industrielle de Mulhouse) (in-4°, 365 × 265 de x-1098 p. en deux tomes, avec 261 illustrations dans le texte, 40 planches et cartes en phototypie hors texte). Mulhouse, Vve Bader et Cie, 1902. 42288

MAMY (H.). — *Les Assurances ouvrières allemandes et leurs résultats. Rapport présenté au Conseil de direction au nom du Comité exécutif*, par M. H. Mamy, Directeur de l'Association (Association des Industriels de France contre les accidents du travail, Circirculaire n° 23, Paris, octobre 1902) (in-8°, 240 × 155 de 12 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1902. 42297

Statistique des grèves et des recours à la conciliation et à l'arbitrage survenus pendant l'année 1901 (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du travail) (in-8°, 235 × 155 de xvi-400 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don de M. le Ministre du Commerce). 42282

Wohlfahrts-Einrichtungen der Gussstahlfabrik von Fried. Krupp zu Essen an der Ruhr. Zweite Ausgabe (in-8°, 220 × 145 de 300 p.). Essen, Fried. Krupp, 1902 (Don de M. E. Cacheux, M. de la S., de la part de M. Fried. Krupp). 42292

Wohlfahrtseinrichtungen der Gussstahlfabrik von Fried. Krupp zu Essen a. d. Ruhr. Wohnhaus für zwei Arbeiterfamilien mit vollständiger innerer Einrichtung. Ausstellung Düsseldorf, 1902 (in-4°, 325 × 240 de 16 p., dont 8 pages de dessins) (Don de M. E. Cacheux, M. de la S., de la part de M. Fried. Krupp). 42294

Zeichnungen u. Pläne der Wohlfahrts-Anstalten der Gussstahlfabrik von Fried. Krupp zu Essen an der Ruhr (Atlas 220 × 145 de 79 pl.). Essen, Fried. Krupp, 1902 (Don de M. E. Cacheux, M. de la S., de la part de M. Fried. Krupp). 42293

Électricité.

MARCHIS (L.). — *Leçons sur les méthodes de mesures industrielles des courants continus*, par M. L. Marchis (Université de Bordeaux. Faculté des Sciences. Année 1901-1902) (in-8°, 255 × 200 de 535-24-viii p. autographiées avec nombreuses figures). Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 42302

SARAZIN (C.). — *Cours d'électricité théorique et pratique*, par C. Sarazin. Deuxième édition revue et augmentée (in-8°, 280 × 190 de xvi-752 p. avec 705 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1903 (Don de l'éditeur). 42303

Enseignement.

R. Università Romana. Scuola d'applicazione per gl'Ingegneri. Annuario per l'anno scolastico 1902-03 (in-16°, 140 × 100 de 161 p.). Roma, Tip. della R. Accademia dei Lincei, 1902. 42275

Géologie et Sciences naturelles diverses.

LAHACHE (J.-E.-A.). — *Le gouffre d'Aïn-Taïba*, par J.-E.-A. Lahache (Extrait du Bulletin du 3[e] trimestre 1901 de la Société de Géographie de Marseille) (in-8°, 250×165 de 9 p.). Marseille, Secrétariat de la Société, 1902 (Don de l'auteur). 42280

LAHACHE (J.-E.-A.). — *Les eaux minérales naturelles du département de Constantine*, par J.-E.-A. Lahache (Extrait du Bulletin des Sciences pharmacologiques. N° 11. Novembre-décembre 1900, pages 440 à 442) (in-8°, 245×165 de 3 p.). Paris, Bureau de la rédaction (Don de l'auteur). 42281

MIRON (F). — *Les eaux souterraines. Eaux potables. Eaux thermo-minérales. Recherche, Captage*, par François Miron (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190×120 de 188 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et C[ie], 1902 (Don de l'éditeur). 42272

Législation.

POUILLET (E.). — *Traité théorique et pratique des brevets d'invention et de la contrefaçon*, par Eugène Pouillet. Quatrième édition mise au courant de la jurisprudence (in-8°, 230×140 de XXXII-978 p.). Paris, Marchal et Billard, 1899. 42334

Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Liste des Membres. Année 1902, 2[e] édition (in-8°, 235×145 de 69 p.). Bruxelles, l'Imprimerie Nouvelle, 1902. 42270

Métallurgie et Mines.

DUMAS (L.). — *Recherches sur les aciers au nickel à hautes teneurs*, par M. L. Dumas (Extrait des Annales des Mines, livraisons d'avril, mai et juin 1902) (in-8°, 250×160 de 208 p. avec 13 fig.). Paris, V[ve] Ch. Dunod, 1902. (Don de l'éditeur). 42308

LEFÈVRE (E). — *Les Houillères à l'Exposition de 1900*, par E. Lefèvre (2 volumes in-8°, 250 × 165 de 319 p. et de 427 p. avec gravures et planches). Lille, G. Dubar et C[ie], 1900 (Don de l'auteur). 42336 et 42337

LE VERRIER (U). — *La Métallurgie*, par M. U. Le Verrier (Bibliothèque des sciences et de l'industrie, publiée sous la direction de M. J. Pichot) (in-8°, 225×160 de 277 p. avec 97 fig.). Paris, Société française d'Éditions d'art (Don de l'éditeur). 42322

Recueils statistiques sur les métaux suivants : Plomb, cuivre, zinc, étain, argent, nickel, aluminium et mercure, établis par la Metallgesellschaft et la Metallurgische Gesellschaft A. G. 9[e] année 1892-1901 (in-4°, 270 × 210 de 63 p.). Francfort-sur-Mein, 1902. 42319

Statistique des houillères en France et en Belgique, publiée sous la direction de M. Émile Delecroix, *18e année. Janvier 1901 ; 19e année. Janvier 1902* (2 volumes in-8°, 255 × 165 de 580 p. et de 560 p). Lille, L. Danel, 1901, 1902 (Don de l'éditeur). 42327 et 42328

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Mémorial du Génie maritime. Troisième série, Fascicules II, III et IV (3 vol. in-8°, 280 × 190) (Ministère de la Marine). Paris, Librairie militaire R. Chapelot et Cie, 1901, 1902. 42304 à 42306

QUINETTE DE ROCHEMONT et VÉTILLART (H.). — *Les ports maritimes de l'Amérique du Nord*, par le Baron Quinette de Rochemont et H. Vétillart. — *II. Régime administratif des voies navigables et des ports aux États-Unis* (in-8°, 240 × 155, de 592 p.). Paris, Ve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 42309

Report of the Superintendent of the Coast and Geodetic Survey, showing the Progress of the Work from July 1, 1900, to June 30, 1901 (in-8°, 295 × 225 de 440 p. avec 46 illustrations et 4 cartes). Washington, Government Printing Office, 1902. 42286

SIMONOT (E.). — *L'Industrie des constructions navales à l'Exposition régionale allemande de Dusseldorf en 1902*, par M. Ernest Simonot (Ministère de la Marine) (Extrait du Mémorial du Génie maritime, 3e série. Fascicule IV) (in-8°, 285 × 195 de 14 p. avec 3 pl.). Paris, R. Chapelot et Cie, 1902 (Don de l'auteur). 42331

TORQUATO PERDONI. — *Le forze idrauliche dell'Italia continentale ed il loro impiege*, del Ing. Torquato Perdoni (Biblioteca tecnica) (in-8°, 240 × 165 de XIV-205 p. avec illustrations). Milano, Ulrico Hœpli, 1902 (Don de l'éditeur). 42284

Routes.

Ministère des Travaux publics. Nivellement général de la France. Répertoire définissant les emplacements et altitudes des repères. Réseau de deuxième ordre. Lignes comprises dans le polygone L de premier ordre (in-8°, 265 × 180 de 42 p. avec pl.). Paris, Imprimerie Nationale, 1899 (Don de M. Ch. Lallemand). 42340

Ministère des Travaux publics. Nivellement général de la France. Répertoire indiquant les emplacements et altitudes des repères. Réseau de deuxième ordre. Lignes comprises dans le polygone G', H', I, I', Q', U', de premier ordre (6 brochures in-8°, 270 × 180). Nantes, Imprimerie du Commerce, 1901 (Don de M. Ch. Lallemand). 42313 à 42318

Ministère des Travaux publics. Nivellement général de la France. Réseau fondamental. Répertoire graphique définissant les emplacements et altitudes des repères. Opérations effectuées pendant les campagnes de 1887, 1888 et 1889. Tome 2 (in-4°, 285 × 220). Nantes, Imprimerie du Commerce, 1901 (Don de M. Ch. Lallemand). 42339

Sciences Mathématiques.

Geodesy. The Eastern oblique arc of the United States and osculating spheroïd, by Chas. A. Schott. *Special Publication n° 7.* (Treasury Department. U. S. Coast and Geodetic Survey) (in-8°, 295 × 225 de 394 p. avec 38 illustrations et 2 cartes). Washington, Government Printing Office, 1902. 42287

KEELHOFF (J.). — *Tracé graphique des déformations élastiques des systèmes triangulés*, par J. Keelhoff (Extrait du 5e fascicule des Annales des Travaux publics de Belgique. Octobre 1902) (Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand) (in-8°, 240 × 150 de 24 p. avec 9 fig. et 1 pl.). Bruxelles, J. Goemaere, 1902. 42271

Sciences Morales. — Divers.

Opere di Galileo Ferraris. Pubblicate per cura della Associazione elettrotecnica Italiana. *Vol. I* (in-8°, 230 × 160 de XXIII-492 p. avec 52 fig. 4 pl. et un portrait de l'auteur) (Biblioteca tecnica). Milano, Ulrico Hoepli, 1902 (Don de l'éditeur). 42283

Technologie générale.

L'Année technique (1901-1902), par A. Da Cunha. Préface de M. Emile Trélat (Extrait du Répertoire général des Fournisseurs de l'armée, de la marine et des travaux publics. Édition de 1902) (in-8°, 280 × 180 de VIII-271 p. avec 114 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1902 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42289

CAIRD (R.), CORMACK (J.-D.). — *International Engineering Congress. Glasgow 1901. Report of the Proceedings and abstracts of the Papers read.* With a Preface by Robert Caird. Edited by General Secretary J.-D. Cormack (in-8°, 220 × 140 de 406 p.). Glasgow, Asher, 1902. 42333

CHAPERON (E.). — *Rapports du Jury international. Classe 27. Applications diverses de l'électricité.* Rapport de M. E. Chaperon. (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900, à Paris) (in-8°, 280 × 195 de 171 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42326

Journal of the Institution of Electrical Engineers. Vol. 31. N° 153. Containing Report of Proceedings of Section IX of the International Congress. Glasgow 1901 (in-8°, 215 × 135 de 244 p. avec fig. et pl.). London, E. and F. N. Spon, 1901. 42332

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers; with other selected and abstracted papers. Vol. CXLIX. 1901-1902. Part. III (in-8°, 220 × 140 de VII-487 p. avec 7 pl.). London, Published by the Institution, 1902. 42310

Pel XXV Anniversario della fondazione del Collegio degli Ingegneri ed Architetti in Napoli. Bollettino del Collegio degli Ingegneri ed Architetti in Napoli. Organo del Consiglio dell'ordine. Anno XIX, 1901. Numero unico. 1876-1901 (in-f°, à 2 colonnes, 390 × 290 de 36 p. avec 7 pl. hors texte et illustrations dans le texte). Napoli, Pierro e Veraldi. 42300

Revue technique de l'Exposition universelle de 1900. Première partie. Architecture et Construction. Tome II. 3e fascicule, pages 225 à 408.— Troisième partie. Électricité. Tome I. 2e fascicule, pages 113 à 228. Tome I, 3e fascicule, pages 229 à 331. — Quatrième partie. Génie civil. Tome II. 2e fascicule, pages 225 à 412 (4 vol. in-8°, 280 × 190). Paris, E. Bernard et Cie, 1902 (Don de l'éditeur). 42276 à 42279

Société industrielle de Mulhouse. Programme des prix proposés en assemblée générale, les 28 mai et 25 juin 1902, à décerner en 1903. (in-8°, 225 × 165 de 55 p.). Paris, Ve Bader et Cie. 42325

Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland. Volume XLV. Forty-fifth session 1901-1902 (in-8°, 220 × 135 de VIII-423 p. avec 27 pl.). Glasgow, Published by the Institute, 1902. 42324

Transactions of the North-East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders. Volume XVIII. Eighteenth session 1901-1902 (in-8°. 245 × 145 de XLVII-362 p. avec 31 pl.). London and Newcastle upon Tyne, Andrew Reid and C°, 1902. 42296

Travaux Publics.

Annales des Ponts et Chaussées. 1re partie. Mémoires et documents, 72e année, 8e série. Tome VI. 1902. 2e trimestre (in-8°, 250 × 165 de 343 p. avec pl. 10 à 16). Paris, E. Bernard et Cie. 42335

Annuaire du Ministère des Travaux publics, pour l'année 1902 (in-8°, 230 × 140 de 864 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1902. 42274

MIGNARD (R.), CORDEAU (A.-L.). — *Guide des constructeurs. Traité complet des connaissances relatives aux constructions*, par R. Mignard. *7e édition. Charpente en fer et serrurerie*, par A.-L. Cordeau (in-4°, 325 × 250 de VIII-493 p. avec 1027 fig.). Paris, Émile Lévy (Don de M. A.-L. Cordeau, M. de la S.). 42329

MIGNARD (R.). CORDEAU (A.-L.). — *Guide des constructeurs. Traité complet des connaissances relatives aux constructions*, par R. Mignard. *7e édition. Préparation de la construction, Maçonneries, Marbrerie, Ciments armés*, par A.-L. Cordeau (in-4°, 325 × 250 de VI-781 p. avec 613 fig.). Paris, Émile Lévy (Don de M. A.-L. Cordeau, M. de la S.). 42330

Morel (M.-A.). — *Le ciment armé et ses applications*, par Marie-Auguste Morel (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 158 p. avec 100 fig.). Paris, Gauthier-Villars ; Masson et Cie, 1902 (Don de l'éditeur). 42273

Sokolowski (L.). — *Procédés de fondations sur terrains argileux*, par Léon Sokolowski (in-8°, 270 × 175 de 31 p. avec 29 fig.). Saint-Étienne, Imp. A. Waton, 1902 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42295

Voies et Moyens de communication et de transport.

Annuaire de l'Administration des Postes et des Télégraphes de France, pour 1902. Janvier 1902 (in-8°, 240 × 155 de 368-xvi p.). Paris, Imp. Paul Dupont, 1902. 42300

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS.

Les Membres nouvellement admis, pendant le mois de novembre 1902, sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

P.-E. Baraize,	présenté par MM.	Sirry-bey Ismail, Périchon-bey, Guétin.
M. Brochet,	—	D.-A. Casalonga, D. Casalonga, A. Imbert.
H.-J. Coulomb,	—	de Nansouty, Mamy, Hug.
M.-A. Demongeot,	—	de Traz, Grillo, Mallet.
H.-A. Desrumeaux,	—	D.-A. Casalonga, S. Périssé, L. Périssé.
J.-A. Fonseca Rodrigues,		A. Duprat, G. Duprat, Spencer.
P.-A. Gassier,	—	Compère, Cornuault, Desbrochers des Loges.
A.-E. Henry,	—	Salomon, Ch. Baudry, P. Arbel.
A. Jacoutet,	—	Coiseau, Dollfus, Wiriot.
J.-B. Lambert,	—	Albert, Fayot, L. Rolland.
L. Letombe,	—	Chavanon, J. Deschamps, A. Thomas.
A. Masson,	—	Demolon, Tissot, Mazeran,
L. Monnier,	—	Buquet, Monnier, Pozzi.
Ch. Parmentier,	—	Dumas, de Joly, Rey.
J.-M. Pittiot,	—	J. Hebert, Journolleau, Lattès.
A. Pottier,	—	Ducomet, Goupillon, Letort.
G.-F. Poydenot,	—	Armengaud jeune, Couvreux, H. Menier.
C. Thurillet,	—	Goussard, Nillus, de Dax.

Comme Membre associé, M.

G. Grenet, présenté par MM. Dumont, Luchaire, Baignères.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE NOVEMBRE 1902

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 7 NOVEMBRE 1902

PRÉSIDENCE DE M. L. SALOMON, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. Gaston Dehesdin, mort accidentellement, ancien élève de l'École Polytechnique, Membre de la Société depuis 1898, directeur des Établissements Henry-Lepaute, Chevalier de la Légion d'Honneur, et adresse à la famille de notre Collègue les sentiments de condoléance de la Société.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. Ch. Hazelaire a été nommé Commandeur de l'Ordre du Dragon d'Annam, et que MM. M. Berthelot, L. Boudenoot et A. Poirrier ont été nommés Membres de la Commission instituée par le Ministère des Finances pour l'étude des questions relatives au régime des alcools, vins et spiritueux.

Il adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera publiée dans un prochain bulletin.

M. LE PRÉSIDENT fait connaître à la Société que notre nouveau Collègue, M. M. Desrumeaux, a fait don à la Société d'une somme de 100 francs. Il adresse à M. Desrumeaux les bien vifs remerciements de la Société.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Dorado a été nommé par le Gouvernement Bolivien second Secrétaire de sa légation en France. M. Dorado se met à la disposition de ses Collègues pour leur fournir tous les renseignements qui pourraient leur être utiles concernant la Bolivie.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Ch. Pinat sur le *Congrès de la Houille blanche.*

M. LE PRÉSIDENT, avant de donner la parole à M. Pinat, rappelle qu'un des plus importants événements industriels et techniques de cette année,

en France, est certainement le Congrès de la Houille blanche, qui vient de se tenir à Grenoble au commencement du mois de septembre dernier. Un certain nombre des Membres de notre Société ont pu y assister; notre Collègue, M. Harlé, en a été l'un des Présidents d'honneur, et notre Collègue, M. Cornuault, a présidé la Section technique. Malheureusement, beaucoup de nos Collègues n'ont pas pu y prendre part, et le Bureau a pensé qu'un compte rendu des travaux de ce Congrès serait entendu ici avec grand intérêt, et prié notre Collègue, M. Pinat, de vouloir bien le présenter. M. Pinat a effectivement présidé ce Congrès, après en avoir été l'un des principaux organisateurs, en sa qualité de Président du Syndicat des Forces Motrices Hydrauliques. Aucun Collègue n'avait donc plus d'autorité et de compétence pour faire la communication désirée. Il y a lieu d'en remercier vivement M. Pinat qui, malgré la charge de la direction des Forges d'Allevard, a bien voulu faire bon accueil à cette demande.

Répondant à l'invitation qui leur avait été adressée, un certain nombre de personnes étrangères à la Société et qui s'intéressent à la bonne utilisation de nos chutes d'eau, assistent à cette séance. M. le Président les en remercie. La Société est particulièrement honorée de la présence de M. Guillain, Vice-Président de la Chambre des Députés, Inspecteur général des Ponts et Chaussées et auteur du rapport fait en 1898 au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi sur les Distributions d'énergie et qui n'a pas cessé de s'occuper des forces motrices hydrauliques.

M. le Président salue également la présence de M. le Professeur Belelubsky, Membre honoraire de notre Société, Membre du Conseil du Ministère des Voies de communication et Directeur du Laboratoire à l'Institut impérial des Ingénieurs Russes.

MM. Guillain et Belelubsky sont priés de bien vouloir prendre place au Bureau.

Enfin, M. le Président présente les excuses de M. R. Tavernier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, qu'un deuil de famille empêche d'assister à la séance. M. Tavernier a adressé le texte des observations qu'il voulait formuler et qui sont analogues à celles contenues au deuxième fascicule de la Société d'Etudes législatives.

M. Ch. Pinat a la parole.

M. Ch. Pinat rappelle les progrès soudains que les nouvelles applications techniques de l'électricité ont fait faire à la mise en valeur des forces hydrauliques, la rapide évolution des industries électro-chimique et métallurgique, et les difficultés d'ordre commercial qui sont venues peser sur elles, ainsi que les inquiétudes qu'a soulevées le projet de loi tendant à faire intervenir l'État dans la disposition et le contrôle constant de toutes les chutes d'eau.

Le Syndicat des Propriétaires et Industriels possédant ou exploitant des forces motrices hydrauliques, dont le siège est à Grenoble, a cru faire œuvre utile aux intérêts qu'il représente, en provoquant la réunion d'un Congrès où ont été convoqués les savants, les fonctionnaires, les économistes et les industriels, où devaient être exposées et discutées

toutes les questions relatives à la technique et au régime économique de l'utilisation de la houille blanche.

Ce Congrès s'est réuni du 7 au 13 septembre dernier. Il a tenu trois séances générales, à Grenoble, à Annecy et à Chamonix, et a visité la plupart des usines et des chutes d'eau se trouvant sur son itinéraire, à Lancey, au Cernon et au Bréda, à Avignonet et Champ sur le Drac, à Engins, à Rioupéroux, aux Clavaux et à Livet sur la Romanche, à La Praz et à Prémont sur l'Arc, à la Pomblière sur l'Isère, à Chedde et à Servoz sur l'Arve.

Les usines visitées possédaient un équipage hydraulique installé et en ordre de marche d'environ 70 000 *ch*.

Un intéressant voyage en Suisse avait été organisé pendant les quatre jours qui ont suivi la clôture. Il a permis à soixante-quinze congressistes de visiter les chantiers de percement du Simplon, le chemin de fer électrique de Leyzin, la nouvelle usine de Vouvry avec sa chute de plus de 950 *m* de hauteur, le barrage du Bois-Noir sur le Rhône, où prend sa force motrice l'usine de Saint-Maurice, qui l'envoie à la ville de Lausanne par une ligne-transport de 56 *km* par courant continu en série, les installations électriques et hydrauliques de Lausanne et de Genève.

L'assistance, à ce Congrès, s'est trouvée nombreuse et remarquable. Plus de 600 adhésions : plus de 500 membres présents à Grenoble et plus de 300 encore à Chamonix, le septième jour.

Un banquet à Grenoble et un vin d'honneur à Chamonix ont permis aux invités et aux amis de la Houille blanche de lui adresser leurs félicitations pour le passé et leurs souhaits pour l'avenir. Deux Ingénieurs russes ont fait remarquer que la France s'honorait d'avoir pris une telle initiative.

Le Congrès s'était ouvert par une courte allocution du Président du Syndicat, suivie d'un exposé général de la question par M. Hanotaux, de l'Académie française, œuvre magistrale qui a provoqué l'enthousiasme des Ingénieurs nombreux au Congrès.

La réunion s'est ensuite divisée en deux sections, qui ont tenu chacune quatre séances, sous la présidence de MM. Harlé, Cornuault, Moyer et Coignet.

Voici l'énoncé du titre des communications :

1° *Section technique*

Hydrologie, climatologie : M. Wilhelm, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées à Gap ;

Étude hydrologique d'un bassin de montagne, bases de la statistique des forces hydrauliques : M. de La Brosse, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées à Grenoble, et M. R. Tavernier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées à Lyon ;

Régularisation du débit par les lacs et réservoirs artificiels : M. A. Crolard, Ingénieur des Arts et Manufactures, directeur de la Papeterie de Cran ;

Hauts barrages sur les torrents : M. Dumas, Ingénieur des Arts et Manufactures, rédacteur en chef du *Génie Civil*.

Hydraulique industrielle : MM. Drouhin, directeur de la Société électro-chimique de la Romanche, et Boucher, administrateur de la Société d'Électro-Chimie ;

Régulation des turbines : M. Ribourt, professeur à l'École Centrale ;

Installations électriques : MM. Picou, Ingénieur des Arts et Manufactures, professeur à l'École des Ponts et Chaussées et Thury, Ingénieur-électricien :

L'ondographe, par M. E. Hospitalier, Ingénieur des Arts et Manufactures, professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielle de la Ville de Paris ;

Résistance mécanique des conducteurs aériens, par M. Blondel, Ingénieur des Ponts et Chaussées ;

Transport électrique de l'énergie : M. Boissonnas, directeur de la Société Franco-Suisse pour l'industrie électrique ;

Électro-chimie et électro-métallurgie : M. Gall, administrateur-délégué de la Société d'Électro-Chimie ;

Éclairage : M. Godinet, administrateur de la Société grenobloise de Force et Lumière ;

Traction électrique : M. J. Petit, Ingénieur-directeur de l'Omnium Lyonnais.

Ont principalement pris part aux discussions : MM. Boucherot, Loucheur, Slean, Singrun, Laprade et Forgue.

2e Section économique.

Projet de loi sur les distributions d'énergie : M. P. Bougault, avocat à la Cour d'appel de Lyon ;

Communications diverses : MM. Bravet, Ingénieur des Arts et Manufactures et Brillouin, vice-président au Syndicat des Usines d'électricité ;

Assiette du droit d'usage des eaux : M. Pillet, professeur à la Faculté de droit de l'Université de Paris ;

Modifications projetées en France et législations étrangères : M. P. Bougault, avocat à Lyon ;

Système de la déclaration par les intéressés avec droit de préemption : M. Primat, Ingénieur des Mines à Grenoble ;

Système de l'indivision avec licitation judiciaire : M. L. Michoud, professeur à la Faculté de droit de l'Université de Grenoble ;

Système des associations syndicales, avec licitation administrative : M. Ader, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Narbonne ;

Système de la concession sous le régime des travaux publics : MM. Colson, conseiller d'État et R. Tavernier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées à Lyon ;

Système de la concession sous le régime des mines : M. Guillain, vice-président de la Chambre des députés ;

Nécessité de la liberté industrielle et commerciale : M. Jean Neyret, Ingénieur à Saint-Etienne.

Ont principalement pris part aux discussions : MM. Ader, L. Michoud, Guillain, Al. Durandi, Rebuffel, Noblemaire, H. Boucher, Barut, L. Philippe.

M. Pinat indique les faits les plus saillants de ces communications, et fait l'analyse des systèmes économiques et législatifs proposés, en résumant les objections soulevées et les discussions soutenues. Comme conclusion, il donne lecture des vœux émis par le Congrès.

M. Pinat a remercié les Présidents d'honneur et les Vice-Présidents du patronage, du concours personnel dont ils ont bien voulu rehausser cette entreprise.

L'organisation matérielle fait honneur aux ressources du Dauphiné et de la Savoie, aux Sociétés de tourisme qui les ont poussées vers le progrès, enfin à ceux qui ont su, par leur actif dévouement, les mettre en œuvre, MM. Charpenay, trésorier du Syndicat, Bouchayer, Chapuzat, Juéry, Reynaud et Roux, commissaires, et F. Crolard, secrétaire général du Syndicat d'initiative d'Annecy.

La correspondance préparatoire et la rédaction des comptes rendus qui vont être publiés ont été aussi une lourde tâche pour MM. O. Michoud, secrétaire du Syndicat et son adjoint M. Reymond, ainsi que pour MM. Fontaine et Cote qui ont bien voulu prendre leur part de ce travail.

M. le Président est très heureux de pouvoir féliciter M. Ch. Pinat de l'exposé si clair et si lumineux qu'il vient de faire et l'en remercie au nom de la Société.

M. G. Richou a la parole.

M. G. Richou rappelle d'abord le 2e et le 3e vœux votés par la Section Économique du Congrès de la Houille blanche, vœux qui protestent implicitement contre toute législation nouvelle qui soumettrait la création des forces hydrauliques à l'arbitraire administratif.

Il indique ensuite les dispositions de principe basées sur le système de la concession conçue en matière de travaux publics, que contient le projet du Gouvernement, déposé le 6 juillet 1900, pour combler les lacunes de la législation existante ; elles édictent la dépossession des riverains sans leur accorder d'indemnité en cas de non-usage antérieur de leur droit de co-usagers, ainsi que l'expropriation des installations déjà existantes, si elles augmentent la force qu'elles emploient. Il explique que la concession des chutes à créer ou des chutes expropriées ne sera accordée : 1° qu'à titre temporaire, la concession ne devant pas être perpétuelle ; 2° qu'à titre aléatoire, l'Etat se réservant le droit de racha à partir d'un certain délai, et celui de déchéance si une seule des clauses de la concession n'est pas remplie ; 3° qu'à titre onéreux, soit par l'obligation de consacrer une partie des forces créées à un ou à plusieurs services publics, soit par l'imposition de redevances financières ou de participation à des travaux divers.

M. Richou fait ressortir les graves inconvénients que présente ce projet, en fournissant un précédent pour la *nationalisation* des moyens de production, et en spoliant certains riverains de leurs droits de co-usagers. Puis il insiste sur les dangers, non moins sérieux, qu'il doit faire courir à l'industrie des forces hydrauliques par le caractère temporaire, aléatoire et onéreux qu'il imprimerait aux concessions, comme il a été dit plus haut.

Notre Collègue démontre, sommairement, que l'arbitraire adminis-

tratif règnerait souverainement dans l'application, que, par le défaut de concession perpétuelle et la menace du rachat, il empêcherait l'exploitant de développer ses moyens d'action; qu'il lui imposerait, comme cela a été fait pour la concession de Jonage, des participations à des travaux coûteux et entièrement inutiles à son industrie; qu'il tendrait, ainsi que cela a été pratiqué pour la même concession, à édicter la revision des prix de vente de la force hydraulique, condition incompatible avec des traités de fourniture à longue échéance, etc., etc. Il s'élève enfin contre la réglementation extraordinaire qui menacerait les usines existantes, de ne pas augmenter, même d'une unité, l'importance de leur chute, sous peine d'être expropriées, et contre les difficultés de la situation qui serait faite aux propriétaires des usines d'utilisation après le retour à l'Etat, en fin de concession, des usines génératrices.

M. Richou rend hommage à l'esprit plus libéral qui a dicté les dispositions du projet de la Commission parlementaire, dû à M. Guillain, ancien Ministre, et dont M. Pinat vient d'indiquer les grandes lignes. Mais, avec la grande majorité des Membres du Congrès, il ne croit pas pouvoir s'y rallier, parce qu'il est, comme le précédent, basé sur le système de la concession qui, même atténué dans ses conséquences de détail, lui semble inacceptable.

Notre Collègue estime que si l'on doit ajouter à la législation existante, c'est tout au plus dans les limites fixées par le projet de M. Michoud, qui lui paraît de nature à concilier les droits de l'État, ceux des riverains et ceux de l'industrie, en laissant à cette dernière le plus de liberté possible. Mais il préférerait le *statu quo* à toute législation nouvelle basée sur l'arbitraire administratif, qui aurait pour résultat de paralyser l'industrie des forces hydrauliques et celles qui en dérivent.

M. Richou montre, à cet effet, que, quoi qu'on en dise, les lacunes de la législation actuelle n'ont pas élevé d'obstacles bien sérieux à la création des usines hydrauliques. Depuis sept à huit ans, en effet, il s'est créé, dans la région alpine seulement, une trentaine d'installations dont la force totale dépasse 150 000 *ch*. La rivière de la Romanche, notamment, a été aménagée sur plus de 30 *km*, entre Bourg-d'Oisans et Vizille, et fournit plus de 30 000 *ch*. Si ces chiffres n'ont pas été dépassés, ce n'est ni aux *barreurs*, ni aux *pisteurs de chutes* que l'arrêt est imputable, mais bien plutôt à la difficulté de trouver des débouchés pour les forces motrices et aux insuccès rencontrés dans certaines industries qui s'étaient établies pour les utiliser. Notre Collègue cite, à cet égard, l'exemple typique des projets d'aménagement du Drac sur une longueur de 75 *km* pour un ensemble de chutes capables de fournir 30 000 *ch*, projets pour lesquels toutes les questions de propriété riveraine ont pu être réglées à l'amiable et qui n'attendent, en dehors de l'approbation administrative, que des concours financiers pour être mis à exécution.

Ces considérations démontrent que l'utilisation intensive de la houille blanche se heurte, dès ses débuts, à la difficulté des débouchés. Elles confirment M. Richou dans la pensée qu'il ne faut imposer à l'industrie des forces hydrauliques, sous peine de l'arrêter dans son essor, que le minimum de charges compatible avec la liberté et la sécurité qui lui sont indispensables pour vivre et pour prospérer.

M. Guillain est complètement d'accord avec MM. Pinat et Richou. pour combattre, très énergiquement, les idées qui ont présidé au projet du Gouvernement. Il croit, en effet, que c'est une conception funeste aux intérêts de l'industrie, que de soumettre au régime de la concession de travaux publics l'utilisation de toutes les chutes d'eau. Le Gouvernement y a été conduit par ce fait qu'il a trouvé que le projet préparé par la Commission parlementaire, qui instituait pour les concessions d'usines privées une sorte de propriété comme celle des mines, conduisait à une complexité de précautions qui risquait, suivant lui, de rendre le travail d'appréciation du Parlement beaucoup plus difficile; et il s'est arrêté à une idée plus simple, mais fausse : il a voulu soumettre au même regime les usines affectées à des services publics et les usines industrielles. Il les a toutes asservies simultanément sous le régime de la domanialité.

Pour faire comprendre pourquoi il n'est pas complètement de l'avis de MM. Pinat et Richou, tout en procédant des mêmes principes de liberté industrielle et commerciale, M. Guillain croit bon de rappeler les précédents.

Il montre l'antagonisme qui a existé, dès le début, entre les *pisteurs*, à l'affût de toutes les chutes d'eau pouvant être exploitées, et les *barreurs de chutes*, qui cherchaient à tirer profit de cette industrie nouvelle en acquérant des parcelles indispensables à l'exploitation des ouvrages, empêchant ainsi l'utilisation fructueuse des chutes. C'est ce conflit qui a fait que l'État a été incité à intervenir.

Or, quand on fait appel à l'État, on ne sait jamais où il arrêtera ses exigences.

Le Gouvernement saisit la Chambre d'un projet de loi, inique, en ce sens qu'il ne tenait aucun compte des droits acquis et qu'il poussait l'État à s'approprier, sans indemnité, les droits de riveraineté non encore exercées, et à entraver, sous forme fiscale, le développement de l'industrie.

La Commission parlementaire nommée pour examiner la proposition de loi de M. Jouart avait une autre idée. Certes, elle était décidée, avant tout, à ne pas gêner l'industrie; mais elle se rendait bien compte que, du moment que la question serait posée devant le Parlement, les solutions étatistes auraient grande chance de prévaloir. Aussi elle a choisi le moindre mal, en adoptant la solution de la concession et en cherchant à rendre ce système aussi libéral, aussi compatible que possible avec les exigences industrielles.

Du reste, M. Guillain croit que M. Richou, qui disait que la solution qui convenait le mieux était de ne rien faire, sera satisfait, car suivant lui, il s'écoulera un temps assez long avant qu'une solution intervienne.

On se trouve donc en présence de deux systèmes : celui que l'on peut appeler le système de Grenoble, qui consiste à remettre aux propriétaires eux-mêmes l'avantage qui peut résulter de l'agglomération de leurs droits, rendue toujours possible par la puissance publique, et le système de la concession qui a pour objet de faire profiter la communauté du supplément de valeur que cette agglomération donne à la chute d'eau.

L'agglomération des droits des riverains en un seul droit unique a pour effet d'augmenter la valeur économique de la chute d'eau. Entre dix moulins qui auraient chacun une chute de 1,50 *m* et une seule usine qui aurait une chute de 15 *m*, il y a une différence économique considérable pour le même débit. Lorsque les propriétaires peuvent s'entendre pour réunir leurs droits, lorsqu'ils ne demandent à l'État aucun pouvoir nouveau, lorsque l'agglomération de leurs droits résulte de leur commune volonté, il n'y a aucun motif pour que l'État s'occupe de leurs affaires. C'est un principe sur lequel on est d'accord aujourd'hui. Donc, qu'on les laisse tranquilles; qu'on les laisse user librement de l'ensemble des droits qu'ils tiennent individuellement de l'article 644. Mais si les propriétaires ne peuvent pas s'entendre et s'ils ont recours à la puissance publique, si la puissance publique intervient pour leur donner un pouvoir nouveau, naturellement elle leur fait payer ses services. Ç'a été l'origine de l'idée de concession : la puissance publique intervenant pour permettre aux droits individuels de s'agglomérer en un droit unique qui aura une valeur économique plus grande, et faisant payer au profit de la communauté le supplément de valeur de cette puissance qu'elle a contribué à donner à la chose.

Dans le projet du Gouvernement, la puissance publique prend tout; dans le projet de la Commission parlementaire, la puissance publique ne réclame pas grand' chose, car le concessionnaire aura l'obligation de désintéresser tous les propriétaires riverains, d'abord de la valeur des installations qu'ils auront faites pour utiliser la chute d'eau, et ensuite de leurs droits de riveraineté, même non encore exercés. M. Guillain est convaincu qu'en se plaçant au point de vue des propriétaires, le système de la concession tel qu'il l'entend présente plus d'équité que le système de la licitation exposé par M. Pinat.

On a reproché au système de la concession de laisser le choix du concessionnaire à l'arbitraire complet de l'Administration. Dans la Commission parlementaire, on a cherché à échapper à ce reproche, en laissant ce choix à une décision du Conseil d'Etat, qui a déjà donné, dans le passé, de grandes garanties d'impartialité, et qui pourra en offrir encore plus, quand le Parlement l'aura investi d'un droit souverain d'appréciation, lorsqu'il fonctionnera comme Tribunal.

Reste l'autre reproche, celui de laisser le concessionnaire dans une sorte de précarité par la clause de rachat et de déchéance

M. Guillain croit que la clause de déchéance peut être limitée à des cas très nettement déterminés par la loi. La déchéance n'est pas une confiscation; c'est la vente, par voie administrative, de la concession, au profit du concessionnaire, lorsque ce concessionnaire se montre inapte à en tirer parti.

Pour le rachat, il vaudrait peut-être mieux, dans l'intérêt d'une liberté industrielle complète, ne pas prévoir de clause; il vaudrait mieux faire de la concession de force hydraulique une propriété aussi complète que possible, librement transmissible, ayant le caractère complet de perpétuité, n'ayant pas un terme déterminé. Mais il faut tenir compte d'une considération qui aura toujours une grande influence sur les déterminations du Parlement : ce sont les idées d'avenir, dont parlait M. Pinat

tout à l'heure. Lorsqu'on fera valoir au Parlement que, dans un avenir plus ou moins éloigné, l'État pourra regretter d'avoir donné la concession, soit qu'il se soit trompé sur l'importance du cours d'eau, soit que, par épuisement ou grande cherté de la houille, la force hydraulique prenne une valeur inappréciable, l'État hésitera à constituer une propriété incommutable. Aussi, M. Guillain croit que l'on ne parviendra jamais à faire adopter par le Parlement l'idée de propriété perpétuelle, et que, pour éviter la concession à terme, il vaut mieux une autre solution. Cette solution est que la concession, bien que propriété libre et transmissible, serait, à certaines périodes, soumise de la part de l'État, à une faculté de rachat pour sa valeur actuelle, c'est-à-dire pour la somme qu'il faudrait dépenser au moment du rachat pour acheter les droits de riveraineté, et exécuter les ouvrages tels qu'ils se comportent. La Commission a préféré cette clause de rachat à des époques déterminées au système du Gouvernement; elle a pensé qu'il fallait que l'État fut obligé de payer la valeur de l'usine afin de diminuer son désir d'en évincer le concessionnaire. De plus, la Commission a stipulé, dans le projet de loi, que tous les usagers, tous les abonnés de la chute d'eau, conserveraient une sorte de servitude d'usage, sous la condition de leurs contrats pour l'utilisation de l'énergie de la chute, en d'autres termes, que les établissements industriels alimentés par la chute d'eau devraient continuer, après le rachat comme avant, à être alimentés par la chute d'eau. Les abonnés n'auraient donc plus la précarité; et comme l'État serait obligé de produire autant qu'auparavant, il ne racheterait la chute qu'autant qu'il y aurait intérêt à produire une plus grande quantité d'énergie. Donc. en pratique, si le projet de la Commission devenait loi de l'État, la clause de rachat s'appliquerait en réalité très rarement.

Pour se résumer, M. Guillain croit donc, en premier lieu, qu'il s'écoulera un assez long temps pendant lequel l'article 644 régira la question. En second lieu, quelque séduisant que soit le projet de M. Pinat et de M. Michoud, il n'a pas de chance d'être adopté par le Parlement, parce qu'il met l'État au service des propriétaires actuels, pour leur faire augmenter leur pouvoir; tandis que le système de la concession est destiné à faire profiter la communauté du supplément de pouvoir que le propriétaire de la chute pourra tirer de la nouvelle loi. En troisième lieu, il faut remarquer que, dans le système de la concession, il y a deux catégories : le projet de l'État, qui est la nationalisation de l'industrie hydraulique, et le projet parlementaire, qui laisse à l'industrie toute la liberté dont elle a besoin.

Mais M. Guillain croit également qu'il ne faut pas se hâter, qu'il est bon de laisser mûrir la question, et que tout ce que l'on doit demander au Gouvernement, c'est de laisser dormir le projet de ses prédécesseurs et d'attendre les observations qui pourront se produire, avant de faire un nouveau projet.

M. le Président remercie M. Guillain de l'honneur qu'il vient de nous faire en voulant bien prendre part à la discussion, et le félicite, au nom de la Société, de l'exposé magistral qu'il vient de faire de la question.

Il remercie également MM. Pinat et Richou, de la clarté et de l'intérêt avec lesquels ils ont exposé leurs idées.

Ils est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. P.-E. Baraize, H.-J. Coulomb, M.-A. Demongeot, P.-A. Gassier, A.-E. Henry, A. Masson, L. Monnier, Ch. Parmentier, J.-M. Pittiot, comme Membres Sociétaires, et de

M. G. Grenet, comme Membre Associé.

MM. M. Brochet, H.-A. Desrumaux, J.-A. Fonseca Rodrigues, A. Jacoutet, J.-B. Lambert, L. Letombe, A. Pottier, G.-F. Poydenot, C. Thurillet, sont reçus comme Membres Sociétaires.

La séance est levée à 11 heures.

Le Secrétaire :
Georges Courtois.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 21 NOVEMBRE 1902

Présidence de M. L. Salomon, Président.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. Le Président a le regret d'annoncer à la Société les décès de plusieurs de nos Collègues, savoir :

M. Charles Cotard, Membre de la Société depuis 1871 ; ancien Élève de l'École Polytechnique, Membre du Comité de 1880 à 1888, Officier de la Légion d'Honneur, Directeur de la Société du Chemin de fer de Smyrne à Cassala, Membre du Conseil supérieur de l'Agriculture ;

M. Louis Couvreur, Membre de la Société depuis 1899 ; Membre et ancien Vice-Président de la Chambre de Commerce de Paris, ancien Président de section au Tribunal de Commerce de la Seine, Officier de la Légion d'Honneur, Membre du Comité consultatif des Chemins de fer, du Comité consultatif de la navigation intérieure et des ports, du Conseil d'Administration et du Comité de direction de l'Office national du commerce extérieur, Président de la Chambre Syndicale de la grande industrie chimique, et de l'Union des verriers à bouteilles de France ;

M. M. de Grièges, ancien Élève de l'École Centrale (1862), Membre de la Société depuis 1864 ; Chevalier de la Légion d'Honneur, Ingénieur Principal de la Traction de la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest ;

M. Paul Marin, Membre de la Société depuis 1863. A été Ingénieur sous-directeur des forges de Sougland. Filateur et tisseur de coton à Bühl (Alsace) ;

M. A. M. Kowalski, ancien élève de l'École Centrale (1869), Membre de la Société depuis 1875, Chevalier de la Légion d'Honneur, Inspecteur de l'Exploitation au Chemin de fer du Nord, puis Ingénieur en chef du Service central et Secrétaire de la Compagnie des Chemins de fer de Bône à Guelma, Administrateur de la Compagnie de Dakar à Saint-Louis.

M. le Président adresse aux familles de ces collègues les sentiments de condoléances de la Société.

M. Le Président a, d'autre part, le plaisir d'annoncer que M. F. Brunsvick a été nommé Chevalier du Mérite agricole et que M. Pierre Arbel a été nommé Membre du Conseil du Réseau de l'État.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. Le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus. Cette liste sera insérée dans le prochain Bulletin.

M. Le Président est heureux d'annoncer que M. Léon Appert a bien voulu abandonner à la Société deux des obligations dont il était propriétaire.

Selon son désir, une partie de la valeur de ces obligations sera appliquée à son exonération et le surplus sera affecté au remboursement de l'emprunt de la Société.

M. le Président est certain d'être l'interprète de la Société tout entière en adressant à notre Collègue de chaleureux remerciements.

M. Le Président informe la Société qu'il vient d'être déposé sur le Bureau une proposition de revision de quelques articles des statuts et du règlement, conformément aux articles 23 et 132 desdits statuts et règlement. Cette demande est signée de cinq Membres qui sont MM. Buquet, Canet, Brüll, Cornuault et Hillairet.

Les points principaux de cette proposition sont les suivants :

I. — Modification de la composition du Bureau et du Comité, consistant principalement en :

1° Subdivision du Comité en six Sections composée chacune de six Membres sous la présidence d'un Président de Section;

2° Désignation, un an à l'avance, du Président de l'année suivante, qui remplira, pendant l'année où il aura été désigné, les fonctions de Vice-Président;

3° Augmentation du nombre des Membres du Comité qui serait porté de trente-quatre à quarante-cinq; renouvellement par fraction de ces membres et modification du mode de votation.

II. — Création d'une nouvelle catégorie de Membres, dits *Membres Assistants*, ayant pour but de permettre aux jeunes Ingénieurs de suivre plus fructueusement nos travaux sans être astreints au paiement intégral de la cotisation actuelle.

III. — Modification de certains articles surannés qui ne sont plus ou n'ont jamais été applicables, pour les mettre en concordance avec la réalité de nos besoins et de ce qui se fait actuellement.

La prise en considération de ces propositions est mise aux voix et adoptée à l'unanimité des membres présents.

M. le Président ajoute alors que, conformément au règlement, il y a lieu de nommer, séance tenante, une Commission de cinq Membres, chargée de faire au Comité et à l'Assemblée générale spéciale, qui sera convoquée prochainement à cet effet, un rapport sur lesdites propositions.

Le Bureau et le Comité proposent de nommer MM. Loreau, Dumont, anciens Présidents, Bodin, Couriot, Moreau, Vices-Présidents, comme Membres de cette Commission.

Ces noms sont adoptés à l'unanimité des membres présents.

M. E. Hospitalier a la parole pour sa communication *sur l'Observation et l'Enregistrement de phénomènes périodiquement et rapidement variables.*

M. E. Hospitalier justifie l'importance de la question qu'il va avoir l'honneur de traiter devant la *Société des Ingénieurs civils de France* en rappelant que si la science et l'industrie électriques ont fait, depuis un quart de siècle, des progrès si rapides, ces progrès sont dus, en grande partie, à la perfection des méthodes de mesure, qui ont permis de déterminer avec précision les grandeurs relatives des phénomènes produits par les appareils, et d'étudier l'influence réelle des modifications apportées à leur construction.

La mesure, relativement simple et facile lorsque ces phénomènes sont continus et constants ou lentement variables, se complique singulièrement lorsqu'il s'agit de phénomènes rapidement variables et dont la fréquence peut atteindre *cent*, *mille* et même *dix mille* périodes par seconde.

Les besoins créés par les progrès de l'électricité ont développé les méthodes d'investigation et rendu possible, pratique, industriel et bientôt courant, l'emploi de méthodes analytiques qui permettent de suivre jusque dans le plus petit détail toutes les variations d'un phénomène instantané, si rapides soient-elles. Cette communication a pour objet l'exposé succinct de ces méthodes.

Principes — L'observation d'un phénomène rapidement variable peut se faire à l'aide d'appareils basés sur deux principes très différents : l'*Observation directe* et l'*Observation indirecte.*

Observation directe. — L'appareil d'observation ou d'enregistrement doit pouvoir suivre instantanément le phénomène sans le perturber. On obtient ce résultat à l'aide de deux méthodes. La plus connue consiste à donner à l'appareil d'observation un faible moment d'inertie, une durée d'oscillation propre très courte par rapport à celle du phénomène à enregistrer, et un amortissement aussi voisin que possible de l'amortissement critique, c'est-à-dire de l'amortissement pour lequel l'appareil éloigné de sa position d'équilibre tend à y revenir dans le temps le plus court possible sans la dépasser. L'indicateur de Watt, le manographe, les oscillographes appartiennent à ce premier groupe.

La seconde méthode, qui ne compte encore qu'un appareil, le *Rhéographe* de M. Abraham appliqué à l'étude de courants variables, utilise un appareil d'observation dont le moment d'inertie est élevé et la pé-

riode d'oscillation propre beaucoup plus grande que celle du phénomène à observer. Dans ces conditions, l'appareil indiquerait toute autre chose que le phénomène à observer; aussi ne le soumet-on pas à l'action du phénomène lui-même, mais à un phénomène plus complexe, préalablement réglé, et dans lequel les causes perturbatrices dues à l'inertie et à l'amortissement du système oscillant sont *compensées*. On obtient ainsi le même résultat qu'avec un appareil sans inertie, mais ces compensations ne semblent possibles, jusqu'ici, que pour l'observation et la mesure des courants électriques.

Observation indirecte. — L'observation indirecte est basée en principe sur la stroboscopie, et consiste à ralentir le phénomène périodique et à obtenir l'ensemble de ses phases en les cueillant successivement dans un grand nombre de périodes. La période d'oscillation propice de l'appareil d'observation peut être alors très grande par rapport à celle du phénomène observé, pourvu que la durée de l'ensemble des périodes sur lesquelles sont recueillies les diverses phases soit elle-même très grande relativement à la durée de l'oscillation propre de l'appareil d'observation. L'arcoscope, l'ondographe et le pressiographe sont basés sur ce principe.

Pour résumer en peu de mots la caractéristique de chaque appareil, on peut dire, sous une forme imagée, que, les premiers obéissent au doigt et à l'œil, les seconds à coups de trique, et les troisièmes en prenant leur temps.

Méthode directe. — Pour qu'un appareil d'observation suive exactement un phénomène donné, il faut qu'il satisfasse aux conditions suivantes :

1° Période d'oscillation très courte par rapport à celle du phénomène à étudier : 2° amortissement voisin de la périodicité critique; 3° causes perturbatrices propres à l'appareil aussi réduites que possible; 4° sensibilité suffisante.

Il n'est pas toujours commode de satisfaire à toutes ces conditions à la fois, mais parmi les appareils qui les réunissent d'une façon pratique satisfaisante, nous en signalerons deux : le monographe de MM. Hospitalier et Carpentier, spécialement établi pour l'étude des moteurs thermiques à explosion à grande vitesse, et l'oscillographe de M. A. Blondel, destiné à l'étude des courants alternatifs.

M. Hospitalier décrit ces deux appareils et projette les courbes obtenues à l'aide du monographe sur un moteur à explosion en faisant varier l'avance à l'allumage. La description en sera donnée dans le Bulletin.

Méthode indirecte. — M. Hospitalier expose le principe de la méthode stroboscopique basée sur l'examen des phases successives d'un système en mouvement, et le démontre expérimentalement en éclairant stroboscopiquement un disque faisant 1 500 tours par minute. Le disque semble arrêté ou tourner, à la volonté de l'expérimentateur, lentement dans le sens de sa rotation ou en sens inverse. Il signale l'application industrielle de cette expérience de principe à l'étude du soulèvement des soupapes d'admission d'un moteur à explosion, du fonctionnement

d'une machine à coudre. La méthode stroboscopique permet également l'observation des variations d'éclat d'un arc voltaïque alimenté par des courants alternatifs. L'*Arcoscope* est une application de ce principe, qui peut également être utilisé à la lecture de déviation d'un appareil de mesure tournant avec le système en expérience, un dynamomètre de transmission à ressorts par exemple. Le décalage entre l'arbre moteur et l'arbre commandé relié par des ressorts se lira comme si le modèle était immobile dans l'espace. Comme application de la méthode stroboscopique à l'*enregistrement* des phénomènes périodiquement et rapidement variables, M. Hospitalier décrit et fait fonctionner l'*Ondographe*, plus spécialement destiné à l'étude des courants alternatifs. Il projette, avec cet appareil, une série de courbes qui montrent combien les courants alternatifs s'écartent de la sinusoïde théorique. Ces courbes sont relatives aux tensions fournies par différents secteurs, aux transformateurs, moteurs électriques, arc voltaïque, condensateurs, étude des harmoniques, clapets électriques, etc.

Un autre appareil basé sur le principe stroboscopique est le *Puissancegraphe* qui trace la courbe de la puissance instantanée absorbée par un appareil électrique à courants alternatifs simples, et, à propos de la mesure de cette puissance, M. Hospitalier exprime le regret de voir les mots *force. puissance* et *travail* si souvent confondus dans les Bulletins de la Société. Il demande que la Société fasse œuvre à la fois française et internationale, en abandonnant l'unité empirique et absurde de puissance, le *cheval* (75 kilogrammètres par seconde), plus petite d'ailleurs que le *horse-power* anglais (75,9 kilogrammètres par seconde) pour adopter l'unité décimale et métrique, le *Poncelet* (100 kilogrammètres par seconde) établie par le *Congrès international de mécanique appliquée*, en 1889, jusqu'au jour où les mécaniciens se décideront à adopter les unités C. G. S. pratiques, et, par suite, le watt et le kilowatt.

M. Hospitalier signale un nouvel appareil actuellement à l'étude et imaginé par notre collègue, M. Brocq, le *Pressiographe*. Le pressiographe est un indicateur de pression basé sur la méthode stroboscopique et destiné à l'enregistrement sur un cylindre de la pression d'un moteur rapide quelconque à gaz, vapeur, etc. Le pressiographe est au manographe ce que l'ondographe est à l'oscillographe.

La méthode stroboscopique n'est pas d'ailleurs limitée à l'enregistrement des phénomènes périodiques. Elle est également applicable aux phénomènes rapides que l'on peut reproduire périodiquement et identiquement à eux-mêmes *par répétition*. M. Hospitalier, comme exemple, et projette une courbe représentant la décharge oscillante d'un condensateur. La fréquence des oscillations pendant la décharge est d'environ 400 ondes de charge ou décharge par seconde. que l'appareil enregistre néanmoins sur le cylindre avec une plume dont la durée d'oscillation atteint près d'une demi-seconde.

En substituant au système d'engrenages actuel, qui impose aux *strobographes* — c'est le nom générique que l'on peut donner à tous les appareils basés sur le principe des phases successives — un rapport *constant* entre la vitesse du phénomène et la vitesse de l'enregistrement, une commande différentielle qui permettra d'obtenir un rapport *variable*,

il sera possible d'inscrire directement à l'encre, sur une feuille d'enregistreur, les variations d'un phénomène dont la durée sera inférieure à 1/3000 de seconde.

Les Ingénieurs civils de France ne sauraient rester indifférents aux méthodes aujourd'hui industrielles et pratiques qui permettent d'obtenir ces résultats, et c'est là l'excuse qu'invoque l'auteur pour se faire pardonner une aussi longue et aussi aride communication.

M. le Président remercie très vivement M. Hospitalier d'avoir bien voulu faire profiter la Société de sa grande expérience sur le sujet qu'il vient de traiter. Il nous a ouvert des horizons tout à fait nouveaux, et la Société est convaincue que, grâce à ces appareils, dont sa modestie l'a empêché de dire qu'il en était le créateur, il aura apporté non seulement aux électriciens des instruments admirables pour étudier ces phénomènes si complexes d'électricité alternative, mais également aux mécaniciens qui pourront peut-être, grâce à eux, arriver un jour à déterminer les phénomènes d'échange de chaleur entre la vapeur et les cylindres des machines à vapeur.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Ch. Compère sur *les Chaudières et Machines à vapeur à l'Exposition de Dusseldorf*.

M. Ch. Compère, par sa communication, continue l'étude qu'il a présentée à la Société sur les chaudières et les machines à l'Exposition de 1900. A Dusseldorf, 28 machines concouraient à la production de la force et de la lumière pour une puissance totale de 13 000 *ch*, soit le 1/3 de celle de 1900.

M. Compère parle d'abord des chaudières et de leurs accessoires. Comme en 1900, ce qui caractérise les chaudières, c'est la production de vapeur à haute pression, 12 *atm*. Pour cette pression les chaudières étaient également, soit à grand corps, soit multitubulaires, ces dernières étant les plus nombreuses.

Les chaudières à grand corps sont du type à foyers intérieurs, qui est la forme généralement adoptée à l'étranger. M. Compère fait ressortir que les surchauffes si fréquentes au coup de feu, dans les chaudières à bouilleurs, par suite des accumulations tartreuses résultant de la circulation même, ne sont plus à craindre avec les chaudières à foyers intérieurs, mais, d'autre part, si les réparations de celles-ci sont moins fréquentes, elles sont beaucoup plus importantes.

Par un tableau donnant la répartition des chaudières en Prusse suivant leur âge et leur type, M. Compère montre le développement très important pris en Allemagne pendant ces dernières années par les chaudières à foyers intérieurs.

Les chaudières multitubulaires sont en général à lames d'eau.

M. Compère présente un résumé des principales chaudières exposées.

Comme accessoires, il parle d'abord des surchauffeurs qui sont constitués, soit par des tubes en fer de petit diamètre, soit par des tubes en fonte ; le choix du métal à employer est encore très discuté. La surface relative des surchauffeurs est très variable; leur rendement dans la chaudière dépend du type de celle-ci ; on les met là où on peut, sans que l'on soit sûr que ce soit l'endroit préférable pour assurer aux sur-

chauffeurs le meilleur effet utile et le meilleur rendement; cet ensemble de tâtonnements montre combien la question est encore à l'étude; en dernier lieu il faut aussi que la présence du surchauffeur dans la chaudière ne diminue pas le rendement par kilogramme de charbon, comme cela a été parfois constaté, selon l'état d'encrassement de l'appareil. Dans la période actuelle de tâtonnements, les surchauffeurs à foyer indépendant peuvent aussi rendre de bons services, car ils se prêtent plus facilement aux expériences à surchauffe variable sur les machines.

Comme autres accessoires, M. Compère parle des grilles à chargement continu, parmi lesquelles il cite un système qui laisse le foyer accessible et visible par la porte ordinaire; puis des épurateurs procédant de la filtration, ce qui lui parait préférable pour assurer la séparation des précipités.

Pour en finir avec les chaudières, M. Compère fait ressortir le coefficient de sécurité obtenu en Allemagne par l'emploi des appareils à vapeur : 1,5 tués pour 10 000 chaudières pour 2,2 en France; l'Administration française des Mines voit dans la comparaison de ces chiffres une raison à l'extension des Associations de Propriétaires d'Appareils à vapeur dont les pouvoirs sont beaucoup plus étendus en Allemagne; il faut tenir compte aussi du grand développement industriel de l'Allemagne dans ces dernières années, ce qui fait que les chaudières y sont beaucoup moins âgées qu'en France. En ce qui concerne les chaudières multitubulaires, leurs accidents donnent comme tués 3,4 0/0 par rapport à l'ensemble des accidents, alors que leur nombre ne représente que 1,5 0/0 des chaudières existantes. Les types à lames d'eau ne paraissent donc pas donner plus de sécurité que les chaudières multitubulaires françaises.

M. Compère aborde ensuite l'étude des machines en fonctionnement dont il donne la liste en les classant en machines verticales et machines horizontales, et il s'étend plus particulièrement sur la question de la surchauffe.

Il rappelle les essais repris en Alsace, en 1890, à la suite desquels la surchauffe a été définitivement implantée, mais à l'allure modérée de 250 à 265° sur des machines Corliss et même sur des machines à tiroirs plans, puis il parle des essais faits actuellement par la maison Dujardin de Lille; il insiste sur ce que les tiroirs Corliss peuvent très bien supporter la surchauffe modérée et il conclut en disant que nos constructeurs de machines Corliss peuvent parfaitement s'engager dans la surchauffe à allure modérée sans rien changer à leurs machines; avec les machines monocylindriques compound que nous possédons, la surchauffe modérée permettra d'abaisser nettement la consommation et d'ajourner quelque temps encore la question des hautes surchauffes. Ces hautes surchauffes sont adoptées actuellement par les constructeurs de machines à soupapes; ils y ont recours, avec les hautes pressions et les expansions multiples, pour abaisser la consommation de vapeur plus élevée avec les soupapes qu'avec les tiroirs Corliss. M. Compère présente alors un tableau d'essais de consommation sur des machines compound Sulzer récemment montées et marchant à surchauffe.

Puis il fait quelques critiques d'un travail de M. le Professeur Doerfel, de Prague, sur l'emploi de la vapeur surchauffée dans les machines à vapeur; M. Doerfel parait ignorer les très faibles consommations trouvées sur des machines mono-cylindriques françaises; il parle des machines à petits et à grands espaces nuisibles alors que nous pensons qu'il faut que ces espaces soient aussi petits que possible; M. Doerfel pense, avec raison, qu'une double surchauffe, l'une au cylindre à haute pression et l'autre au cylindre à basse pression, est plus avantageuse que l'emploi d'une très haute surchauffe.

M. Compère décrit ensuite la machine de la Gutehoffnungshütte de 3 000 *ch*, la machine Meer, de Gladbach. Il termine par la description de la condensation centrale adoptée pour l'ensemble des machines de l'Exposition.

M. le Président remercie M. Compère de la visite si intéressante qu'il vient de nous faire faire à l'Exposition de Dusseldorf, où il y avait de nombreux éléments intéressants à recueillir, et de la comparaison qu'il a établie entre ce qui se fait en Allemagne et ce que nos constructeurs ont fait, soit en Alsace, soit en France.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de :

MM. C.-L.-C. Blétry, L. Bonnefoi, A.-M.-G. Clevenot, G.-P. Forest, J. Fribourg, E. Garcia de Zuniga, A.-S. Garfield, S.-D. Gillet, J. W. Pearce, J. Thiry, M. Trombert, M. Vallette comme Membres sociétaires, et de :

M. V. Boilève comme Membre associé.

MM. P.-E. Baraize, H.-J. Coulomb, M.-A. Demongeot, P.-A. Gassier, A.-E. Henry, A. Masson, L. Monnier, Ch. Parmentier, J.-M. Pittiot sont reçus Membres sociétaires, et :

M. G. Grenet, Membre associé.

La séance est levée à 11 heures et demie.

Le Secrétaire,
Georges Courtois.

LES CHAUDIÈRES

ET

LES MACHINES A VAPEUR

A L'EXPOSITION DE DUSSELDORF (1)

PAR

Ch. COMPÈRE

INGÉNIEUR-DIRECTEUR DE L'ASSOCIATION PARISIENNE DES PROPRIÉTAIRES D'APPAREILS A VAPEUR

A l'occasion de l'Exposition de 1900, j'ai eu l'honneur de présenter à la Société des Ingénieurs Civils de France une étude sur les machines et les chaudières à l'Exposition. Il était intéressant de continuer cette étude pour l'Exposition de Dusseldorf.

Cette Exposition n'a pas été seulement une manifestation de la puissance minière et métallurgique des provinces du Rhin; elle a montré aussi, par l'importance de la force mécanique en mouvement, l'état actuel de la construction des machines et des chaudières en Allemagne et, comme l'a dit notre collègue, M. Gouvy, dans sa communication à la Société, cette Exposition est venue, pour les groupes métallurgiques, mécaniques et électriques, compléter celle de Paris.

En 1900, l'Allemagne n'avait participé à l'Exposition que par quatre grandes machines de 1 900 *ch* chacune en moyenne; ces machines étaient trop peu nombreuses pour permettre de jalonner dans ce pays l'industrie de la machine à vapeur; à Dusseldorf, vingt-huit machines concouraient à la production de la force et de la lumière; leur puissance totale atteignait 13 000 *ch*, soit 460 *ch* en moyenne par machine; à Paris, en 1900, il y avait trente-sept machines d'une puissance totale de 36 000 *ch* et d'une force moyenne de 975 *ch* chacune; à Dusseldorf, la force moyenne était donc les 47 0/0 de celle de Paris, mais les unités y étaient moins fortes; toutefois, une machine, celle de la Gutehoffnungshütte atteignait 3 000 *ch*.

La comparaison de ces chiffres fait ressortir la forte puissance

(1) Voir les planches n°s 42 et 43.

exigée, à Dusseldorf, par la force en mouvement et surtout pour l'éclairage électrique le soir.

Dans la présente étude, j'ai suivi le même plan que dans celle de 1900, en parlant d'abord des chaudières et de leurs accessoires, puis des machines et aussi de leurs accessoires.

CHAUDIÈRES

Deux batteries de chaudières produisaient la vapeur nécessaire à la halle des Machines. Une première batterie comprenait 16 générateurs de 3 550 m^2 de surface de chauffe, desservis par deux cheminées de 58 *m* de hauteur et de 2,50 *m* de diamètre intérieur; une deuxième batterie, chauffée par des foyers automatiques à lignite, comprenait 3 générateurs de 100 m^2 chacun. La première batterie alimentait les machines destinées à produire la force; la deuxième, les trains de laminoirs, les marteaux-pilons, les compresseurs, exposés au fond de la salle des machines. Une autre batterie de 6 chaudières, d'une surface de chauffe de 1 000 m^2, servait à alimenter la machine d'extraction Prinz Rudolf et diverses autres machines dans le pavillon de l'Administration supérieure des mines de Dortmund.

Comme en 1900, ce qui caractérise ces chaudières, c'est la production de vapeur à haute pression, 12 *atm*; pour cette pression, les chaudières étaient également soit à grand corps, soit multitubulaires; ces dernières étaient les plus nombreuses.

Tout ce que j'ai dit sur les chaudières à l'Exposition de 1900 s'applique ici; les chaudières multitubulaires paraissent plus indiquées pour les pressions de 12 *kg*; les chaudières à grand corps sont, en effet, plus difficiles à faire, en raison de l'épaisseur plus grande des tôles à cette tension.

La description des diverses chaudières exposées a été donnée dans le *Bulletin* de la Société des Ingénieurs allemands, du 17 mai 1902, par M. Dobbel; la *Revue industrielle* a reproduit cette description dans ses numéros des 14 juin, 5 et 19 juillet et 13 septembre 1902.

Le tableau suivant donne l'ensemble des chaudières qui étaient en fonctionnement. (Tableau I.)

La planche 42 donne le dessin des principales chaudières de l'Exposition.

Les chaudières à grand corps sont du type à foyers intérieurs

qui est la forme généralement adoptée à l'étranger; je vous ai parlé plus particulièrement de ces chaudières en 1900, car elles sont moins connues en France que les chaudières à bouilleurs.

Je voudrais préciser ici la comparaison entre ces deux types de chaudières : les chaudières à bouilleurs françaises présentent plus fréquemment des défauts au coup de feu; ces défauts proviennent de l'accumulation intérieure des dépôts qui laissent les tôles se surchauffer et s'emboutir en provoquant ce qu'on appelle des bosses; ces accumulations de dépôts sont la conséquence de la circulation même de l'eau dans ces chaudières; elles deviennent dangereuses quand elles s'augmentent par une marche trop prolongée entre deux vidanges; dans ces chaudières, il se produit, en effet, de l'arrière des bouilleurs vers l'avant, un courant destiné à remplacer la vapeur produite en abondance au-dessus des tôles de coup de feu et qui se dégage verticalement par les communications avant; les écailles de tartre amenées par le courant horizontal des bouilleurs viennent s'amasser au coup de feu quand elles rencontrent le courant ascendant de vapeur.

Les bosses qui résultent de ces accumulations de dépôts se réparent facilement; il suffit de poser une pièce; quand, ultérieurement, les bords de la partie découpée de cette pièce se criquent à leur tour, on pose une seconde pièce et ainsi de suite jusqu'au remplacement complet des tôles de coup de feu.

Pour empêcher les dépôts de devenir dangereux par leur accumulation, il suffit de vider les chaudières à des intervalles rapprochés et fixés suivant la qualité de l'eau et la marche même, puis de détamponner les bouilleurs pour enlever les dépôts déjà formés. En somme, dans les chaudières à bouilleurs, une fois le régime de marche bien établi, l'entretien et la réparation y sont très faciles.

Avec les chaudières à foyers intérieurs, l'inconvénient du tartre au coup de feu disparaît; les dépôts tendent, en effet, à descendre sous le foyer dans des endroits non chauffés; les accidents résultant des dépôts sont moins nombreux; mais, par contre, quand des réparations sont nécessaires pour d'autres causes, telles que fissures dans les parties coudées, elles sont alors très coûteuses.

Il faut reconnaître aussi que les chaudières à foyers intérieurs fabriquées à l'étranger permettent d'utiliser les travaux remarquables d'emboutissage faits par les forges, tels que les foyers

SYSTÈME DES CHAUDIÈRES

PREMIÈRE BATTERIE *(Halle des machines).*

Une chaudière à deux foyers intérieurs . . . .
Une chaudière tubulaire à foyer ondulé . . . .
Une chaudière à deux foyers intérieurs avec surchauffeur . . . .
Une chaudière multitubulaire. . . . .
Une chaudière multitubulaire (avec surchauffeur de 42 *m*²). . . . .
Une chaudière multitubulaire, type marine . . . .
Une chaudière multitubulaire, système Gehre, avec surchauffeur. . . . .
Une chaudière multitubulaire (avec surchauffeur de 46 *m*²) . . . .
Deux chaudières multitubulaires (avec surchauffeurs de 30,5 *m*²) . . . .
Une chaudière tubulaire à deux foyers intérieurs . . . .
Une chaudière tubulaire à trois foyers intérieurs . . . .
Une chaudière multitubulaire avec surchauffeur . . . .
Deux chaudières multitubulaires à circulation rapide, système Buttner (avec surchauffeur de 45,5 *m*²) . . . .
Une chaudière multitubulaire, système Pétry-Dereux (avec surchauffeur de 80 *m*²) . . .

DEUXIÈME BATTERIE *(avec foyers à lignite).*

Une chaudière à deux foyers intérieurs . . . .
Une chaudière à deux foyers intérieurs. . . . .
Une chaudière à deux foyers intérieurs . . . .

TROISIÈME BATTERIE *(Pavillon des Mines).*

Deux chaudières à deux foyers intérieurs à l'avant et faisceau tubulaire à l'arrière . . .
Deux chaudières à deux foyers intérieurs à l'avant et faisceau aquatubulaire à l'arrière.
Deux chaudières à deux foyers intérieurs à l'avant et faisceau aquatubulaire à l'arrière.

haudières en fonctionnement.

TABLEAU I.

SURFACE de CHAUFFE	CONSTRUCTEURS
mèt. carrés.	
80	Louis Koch, à Siegen.
91	Sociéte anonyme de construction de machines, à Bayenthal, près Cologne.
100	Fabrique de chaudières à vapeur (Société anon.) anc. maison Gehre, à Rath.
282	Société anon. du Fer et de l'Acier, anc m^on Soeding et V. de Heyde, à Hoerde.
360	Ateliers allemands pour la fabric. des chaud. Babcock et Wilcox, à Oberhausen.
190	Id. Id.
270	Fabrique de chaudières à vapeur (Société anon.) anc. maison Gehre, à Rath.
258,5	E. Willmann, à Dortmund.
197	Fabrique de chaudières tubulaires, anc. m^on Dürr et Cie, à Dusseldorf-Ratingen.
203	Fabrique de machines « Humboldt », à Kalk, près Cologne.
268	Maison Jacques Piedbœuf, à Dusseldorf et Aix-la-Chapelle.
150	Société en commandite Walther et Cie, à Kalk, près Cologne.
172	Fabrique rhénane de chaudières multitubulaires Buttner et Cie, à Uerdingen.
300	Maison Pétry-Dereux, à Duren.
100	Maison Keller et Cie, à Stolberg.
100	Pétry-Dereux, à Duren.
100	Ewald Berninghaus, à Duisbourg.
175	Reichling et Cie, à Dortmund.
	L. et C. Steinmuller, à Gummersbach.
	Cronge, à Bulmke.

ondulés, les fonds avant et arrière qui portent les collerettes des foyers, etc.

Les chaudières multitubulaires sont du type à lames d'eau avant et arrière; toutefois, la chaudière Dürr n'a de lame d'eau qu'à l'avant; enfin, les chaudières Steinmuller et Cronje, du pavillon des Mines, sont à foyers intérieurs à l'avant et multitubulaires à lames d'eau à l'arrière; on pourrait appliquer la désignation de compound à ce type de chaudières; ce sont les chaudières Tomson.

Nous retrouvons à Dusseldorf, dans leur ensemble, les formes déjà présentées en 1900 dans la section allemande; les maisons Steinmuller, Petry-Dereux et Ewald Berninghaus avaient également participé à l'Exposition de 1900, les deux premières avec des chaudières multitubulaires, la dernière avec des chaudières à foyers intérieurs.

Avant d'aller plus loin et pour fixer les idées sur la répartition des chaudières en Allemagne suivant leur type, je donne ci-après, dans un tableau, le nombre de chaudières existantes, en Prusse, en 1900, et classées suivant leur système et leur âge. Pour l'ensemble de l'Allemagne, la répartition doit être analogue. (Tableau II.)

Ce tableau montre, pour l'industrie proprement dite, combien la chaudière à foyer intérieur a pris d'extension dans ces derniers temps; en ce qui concerne particulièrement les chaudières multitubulaires, on voit qu'elles ne sont encore que dans la période de début. En 1900, il y avait en Prusse 1 154 chaudières multitubulaires pour 88 943 au total, soit 1,3 0/0 seulement; en France dans la même année, il y avait 3813 chaudières multitubulaires pour 89 472 au total, soit 4,26 0/0.

Nous allons maintenant passer en revue les principaux traits caractéristiques des chaudières exposées.

Chaudières à foyers intérieurs.

Les foyers intérieurs sont, en général, ondulés, soit sur toute leur longueur, soit sur l'avant, soit de place en place; ces ondulations permettent de ménager la dilatation des foyers dont la poussée sur les fonds, bien connue, donne lieu à des criques dans les collets rabattus. Ces diverses formes de foyers sont soudés sur leur circonférence; les viroles sont réunies soit par des

Répartition des chaudières en Prusse, suivant leur âge et leur type. TABLEAU II.

GENRE DES CHAUDIÈRES	D'UN AGE De 0 à 10 ans	De 10 à 20 ans	De 20 à 30 ans	De 30 à 40 ans	De 40 à 50 ans	De plus de 50 ans	Inconnu	TOTAL du nombre de CHAUDIÈRES
Cylindriques simples	361	445	492	256	54	5	17	1 633
Cylindriques à tubes de fumée	1 004	1 047	1 123	27	5	—	19	3 225
Cylindriques à bouilleurs	945	1 918	1 704	689	148	6	42	5 452
A tubes d'eau	565	468	108	8	2	—	3	1 154
A foyers intérieurs	16 077	9 236	5 095	1 756	263	14	129	32 570
A foyers intérieurs et bouilleurs transversaux	2 303	1 933	333	25	2	—	13	4 609
Avec boîte à feu et tubes de fumée en prolongement (type locomotive)	13 959	7 787	4 009	715	21	—	219	26 710
Avec boîte à feu et tubes de fumée en retour	336	381	222	114	5	—	9	1 067
Avec boîte à feu et tubes bouilleurs	2 186	1 808	618	81	1	—	43	4 737
Chaudières d'autres systèmes	5 081	2 107	503	73	5	—	17	7 786
Dont : Chaudières à tubes bouilleurs	3 883	1 349	120	9	2	—	9	5 372
— à tubes de fumée	1 013	675	333	52	3	—	7	2 083
— à tubes bouilleurs et à tubes de fumée	65	35	27	8	—	—	1	136
— d'autres genres	120	48	23	4	—	—	—	195
TOTAL	42 820	27 130	14 207	3 744	506	25	511	88 943

rivures horizontales, soit par des rivures Adamson à collets pour mettre ces rivures à l'abri du feu.

Dans la chaudière Koch, le fond antérieur est concave, ce qui rend plus commode son rivetage avec le corps.

Ces chaudières sont parfois à un seul foyer; il est alors excentré comme dans la chaudière Pancksch de 1900, ce qui facilite le nettoyage et augmente la circulation; elles sont aussi soit à deux foyers, soit à trois foyers intérieurs.

A ces chaudières à foyers intérieurs est ajouté souvent un corps tubulaire à tubes de fumée; dans les chaudières Humboldt et Piedbœuf, ce corps est au-dessus; la chaudière rappelle alors celles des maisons Ewald Berninghaus et Petzold, qui étaient à l'Exposition de 1900 et que j'ai décrites dans ma note; dans la chaudière Reichling, le corps tubulaire est derrière la chaudière principale, et il est relié avec elle par l'eau et par la vapeur.

Chaudières multitubulaires.

Comme je l'ai dit, ces chaudières sont à lames d'eau; toutefois la chaudière Babcock et Wilcox conserve sa forme habituelle avec collecteurs séparés.

Dans la chaudière Stahl und Eisen, les lames sont remplacées par des bouilleurs transversaux. Ce type est très intéressant; les bouilleurs sont de la forme cylindrique rationnelle; ils n'exigent pas l'entretoisement des lames d'eau planes; ils doivent être moins chers à construire.

Les lames d'eau sont reliées à un ou deux corps longitudinaux à la partie supérieure. Dans la chaudière Dürr, ce corps est transversal et à l'avant; les tubes portent à l'intérieur des contre-tubes directeurs; la lame d'eau est séparée par une cloison verticale sur laquelle sont insérés ces tubes directeurs; la chaudière, si ce n'est la lame d'eau, rappelle ainsi la chaudière Niclausse bien connue.

La chaudière Buttner est complétée par l'adjonction d'un bouilleur horizontal pendentif à l'arrière, relié par deux communications au corps supérieur; à la communication avant de ce bouilleur aboutit l'appareil de circulation de la maison Buttner; le bouilleur est ainsi en contact immédiat avec de l'eau très chaude venant de l'appareil de circulation et les sels calcaires s'y précipitent.

D'autres chaudières non en fonctionnement étaient exposées dans des pavillons séparés ; telles étaient des chaudières Steinmuller et Dürr. Un autre pavillon contenait aussi des chaudières non entourées de maçonnerie, ce qui permettait d'en apprécier la construction ; c'étaient : une chaudière à trois foyers intérieurs de la maison Piedbœuf, une chaudière à deux foyers de la maison Mœller, une chaudière multitubulaire Gehre avec bouilleur arrière comme il est décrit plus haut pour la chaudière Buttner en fonctionnement, une chaudière multitubulaire Walther, enfin une chaudière Stahl und Eisen du type à foyer amovible de petites dimensions.

En terminant cette revue rapide des chaudières exposées, nous signalerons les remarquables travaux d'emboutissage pour chaudières présentés par les usines métallurgiques. La maison Krupp avait présenté une pièce entièrement soudée pour chaudière marine, constituée par les foyers et la boîte à feu arrière ; nous signalerons aussi dans le pavillon Erhardt un cylindre entièrement étiré sans soudure, et destiné au corps horizontal d'une locomotive qui ne porterait plus ainsi aucune rivure ; cette pièce était fabriquée dans la nouvelle usine de la Société Erhardt à Reisholz près de Dusseldorf ; nous trouvons également des tuyaux de vapeur formés de feuillards enroulés en spirales soudées entre elles et fabriqués à l'usine de Rath.

Pour la construction des chaudières, nous avons remarqué, dans la grande halle de la mécanique, une machine-outil de la maison Otto Froriep, à Rheydt, qui permet de chanfreiner à la fraise les bords rabattus des fonds de chaudières, quelle que soit la forme plus ou moins compliquée du profil de ces bords.

Dans le pavillon Krupp était exposée une tôle de chaudière de 26,8 *m* de longueur sur 3,56 *m* de largeur et 38 *mm* d'épaïsseur et pesant 29,5 *t*.

Surchauffeurs.

Comme accessoires de chaudières, nous parlerons tout d'abord des surchauffeurs, nous réservant de revenir plus tard sur la surchauffe proprement dite qui est tant à l'ordre du jour actuellement.

Les surchauffeurs, à l'Exposition de Dusseldorf, étaient en général constitués par des tuyaux en fer de petites dimensions et non en fonte ; cette question de la nature du métal à employer pour les surchauffeurs a été très étudiée en Prusse.

Les règles élaborées par la Société des Ingénieurs allemands pour les conduites de vapeur et la limitation qui y était faite dans l'emploi de la fonte pour les hautes pressions de vapeur ont appelé l'attention sur la question de savoir si cette limitation ne devait pas aussi être appliquée aux surchauffeurs en fonte.

Questionnées à ce sujet, la Société des Ingénieurs allemands et l'Union centrale des Associations prussiennes de surveillance d'Appareils à vapeur, sont arrivées à cette conclusion que l'on connaît trop peu d'accidents occasionnés par l'emploi des surchauffeurs en fonte pour limiter ou proscrire, dans l'état actuel de l'expérience acquise, l'emploi de la fonte dans les surchauffeurs. Il faut, bien entendu, que cette fonte soit de qualité particulièrement appropriée, avant tout tenace et résistant bien au feu. Telles sont, en résumé, les décisions d'une circulaire ministérielle, en Prusse, à ce sujet (31 août 1901).

Cette question de la nature du métal des surchauffeurs continue néanmoins à être étudiée ; ainsi, au dernier Congrès de l'Union Internationale des Associations pour la surveillance des Appareils à vapeur, tenu à Zurich en juillet dernier, cette question a été l'objet d'une longue discussion ; d'après les uns, les surchauffeurs en fonte, quoique plus chers, supportent mieux les variations de température en raison de leur masse métallique, alors que les tubes en fer se brûleraient; d'après les autres, à 400 ou 500° la fonte devient poreuse; sauf pour les surchauffeurs Schwoerer qui sont fabriqués avec une fonte spéciale pouvant supporter 8 à 900° ; en fait, les surchauffeurs en fonte paraissent exiger plus de réparations que ceux en fer; les avis sont donc très partagés sur cette question.

Dans les chaudières à foyers intérieurs, les surchauffeurs sont en général placés à l'arrière ; on conçoit que la surchauffe varie alors avec la longueur même de la chaudière ; ainsi, dans la chaudière Koch, le surchauffeur reçoit des gaz moins chauds que dans la chaudière Reichling dont les foyers sont plus courts.

Dans les chaudières multitubulaires, les surchauffeurs sont placés habituellement au-dessus du faisceau tubulaire dans une direction horizontale ; dans la chaudière Stahl und Eisen, le surchauffeur est placé verticalement entre les deux corps supérieurs dans le deuxième parcours des gaz.

La surface de ces divers surchauffeurs est très variable par rapport à celle de la chaudière ; d'après les chiffres donnés à l'Exposition, la proportion varie de 11 à 27 0/0. Ce qui se dégage

en examinant la position des surchauffeurs, c'est qu'on les met dans les chaudières là où on peut, sans que l'on soit sûr que ce soit l'endroit préférable pour assurer au surchauffeur le meilleur effet utile et le meilleur entretien. La surchauffe doit varier avec l'allure de la chaudière, et il ne semble pas qu'ainsi placés, les surchauffeurs permettent le réglage de la température de la vapeur comme il serait désirable ; d'autre part, à l'allumage de la chaudière les surchauffeurs peuvent se brûler, n'étant pas encore parcourus par la vapeur; pour éviter cet inconvénient, parfois on les remplit d'eau, puis on les vide dès que la prise de vapeur est ouverte ; d'autres fois on les isole de la circulation des gaz par une manœuvre de registre.

Dans les principales chaudières multitubulaires françaises, les constructeurs viennent d'adopter des idées analogues pour l'adjonction de surchauffeurs. Dans la chaudière Belleville le plafond formé par les tubes sécheurs est doublé ou triplé suivant les cas; dans la chaudière Niclausse, les tubes surchauffeurs remplacent, à une certaine hauteur, des tubes vaporisateurs; pour ces deux chaudières les tubes surchauffeurs conservent le diamètre ordinaire des tubes à eau ; dans la chaudière Babcock et Wilcox, le surchauffeur est placé au-dessus du faisceau tubulaire, comme dans les chaudières allemandes, et il est formé de tubes de petit diamètre; la maison Roser a essayé des surchauffeurs en fer pris dans des blocs d'acier et formant les parois latérales de la grille.

C'est ainsi que se présentaient ces quatre types de chaudières à l'Exposition qui a eu lieu à Lille cette année.

Des expériences faites sur le surchauffeur ajouté aux chaudières Belleville ont montré qu'aux trois quarts de l'allure normale la surchauffe a été de 40° et à l'allure normale elle-même 66°. La surchauffe varie donc dans une certaine mesure avec l'activité de la vaporisation et par suite, de la combustion. Le système Belleville assure, dans tous les cas, contre toute exagération de la surchauffe.

Cet ensemble de tâtonnements montre combien la question est encore à l'étude.

A ce point de vue, il faut signaler tout particulièrement le surchauffeur installé dans la chaudière Koch à foyer intérieur ; il est formé d'un faisceau vertical placé à l'arrière de la chaudière et relié par une chaîne à une poulie; on peut alors le plonger plus ou moins pour faire varier sa surface et la température de la surchauffe.

En dernier lieu, il faut aussi que la présence du surchauffeur dans la chaudière ne diminue pas le rendement par kilogramme de charbon; elle ne devrait le diminuer que dans la proportion très faible de l'absorption des calories par la surchauffe elle-même. Au Congrès de Zurich, il a été dit que les constructeurs devraient accepter ce maintien du rendement quand ils ajoutent un surchauffeur à leurs chaudières. J'ai eu personnellement l'occasion de faire une expérience intéressante à ce sujet : dans une petite chaudière semi-tubulaire à deux bouilleurs de 40 m^2, un surchauffeur à tubes verticaux a été ajouté à l'arrière des bouilleurs dans la remontée de flammes; ainsi disposé, ce surchauffeur diminuait la section des gaz; de plus, il descendait jusqu'à la partie inférieure de la chaudière, plus bas que les bouilleurs, et les suies pouvaient s'y accumuler. Dans une première expérience, nous avons constaté que lorsque les gaz passaient à travers le surchauffeur le rendement du charbon n'était plus que de 4,42 *kg*, alors qu'il était de 6,41 *kg* quand les gaz n'y passaient pas. Recherches faites sur cette différence anormale, il a été relevé que, la chaudière étant enterrée, des infiltrations s'étaient produites à la partie inférieure; ces infiltrations englobant la suie avaient bloqué le bas du surchauffeur en empêchant complètement le tirage. Dans une nouvelle expérience, faite après réparation du carneau de fumée, nous avons constaté que le rendement ne variait pas, que les gaz passent ou ne passent pas par le surchauffeur. Les infiltrations étaient ici une cause accidentelle tout à fait en dehors du surchauffeur, mais néanmoins cette expérience montre combien la question doit être serrée de près.

L'abaissement de rendement de la chaudière et d'effet utile du surchauffeur par la présence des suies a été soulevé également au Congrès de Zurich.

Les surchauffeurs à foyer indépendant entraînent évidemment une dépense supplémentaire de charbon, mais pour la période d'étude que l'on traverse actuellement, il paraît intéressant de les employer; ils peuvent être réglés facilement; avec eux la surchauffe ne dépend plus de l'allure de la chaudière; la maison Dingler avait exposé à Dusseldorf un tel surchauffeur dans la halle des chaudières.

La température des surchauffeurs à l'intérieur des chaudières n'étant pas absolument uniforme, la maison Belleville pense que pour une installation importante, on pourrait la compléter par l'emploi d'un tel surchauffeur général indépendant à feu direct.

Ce surchauffeur pourrait avoir une dimension plus restreinte, ce qui permettrait de limiter la dépense de combustible que ce surchauffeur supplémentaire occasionnerait. On pourrait, de plus, avec un tel surchauffeur indépendant, obtenir une surchauffe notable dans le cas où le système de machine adopté permettrait de l'employer.

Ces idées de la maison Belleville pour une installation importante viennent compenser les diverses remarques que j'ai faites plus haut sur les incertitudes de la marche des surchauffeurs à l'intérieur des chaudières.

Nous signalerons enfin le surchauffeur Heizmann formé de deux plaques très rapprochées et reliées par des tubes traversés par les gaz ; la vapeur se surchauffe entre les plaques dans une lame très mince; un élément de ce surchauffeur était simplement déposé à l'Exposition sans être monté dans une chaudière.

Enfin, à titre complémentaire, nous signalerons, dans l'Exposition des Chemins de fer, une locomotive contenant un faisceau surchauffeur dans sa boite à fumée arrière; les gaz devant chauffer le surchauffeur sont prélevés dans le foyer même, à la partie inférieure du faisceau tubulaire pour un tuyau de gros diamètre.

Grilles.

L'Exposition de Dusseldorf présentait quelques grilles continues, intéressantes à citer.

Les chaudières du pavillon des Mines comportaient à l'avant, sur les foyers intérieurs, des appareils à trémies avec chargement mécanique, système Leach, de la fabrique saxonne de machines, anciennement maison Richard Hartmann, à Chemnitz *(fig. 17)*. Ce chargement consiste à projeter le charbon sur la grille comme dans le foyer Proctor; le foyer a pour trait caractéristique de conserver la grille et la porte de devanture ordinaires; on peut ainsi suivre le feu, le piquer et le décrasser; l'allumage se fait facilement; il y a là un principe d'appareil intéressant quand on recherche la fumivorité par le chargement continu, et qui est utile à retenir pour la Ville de Paris pour les études qu'elle fait actuellement sur la fumivorité.

La grille proprement dite est constituée par des barreaux plongeant individuellement dans une sorte de coulotte contenant de l'eau pour rafraîchir le barreau; la hauteur du niveau de

l'eau est maintenue automatiquement au fur et à mesure de l'évaporation.

Nous trouvons également des grilles inclinées à alimentation continue système Riesel sur la chaudière Buttner, Sparfeuerings Gesellschaft, Dusseldorf, sur la chaudière Humboldt; dans ce dernier système le feu est visible alors qu'il ne l'est pas dans le foyer Riesel.

Nous trouvons sur les chaudières Babcock et Wilcox la grille formant chaîne sans fin, qui était à l'Exposition de 1900.

Enfin, un modèle en coupe montrait une grille à gradins pour foyer intérieur du système Brühl.

Épurateurs.

L'eau d'alimentation destinée aux chaudières en fonctionnement, près de la halle des Machines, était au préalable épurée et filtrée dans deux appareils.

L'un sort des ateliers de construction mécanique de Grevenbroich *(fig. 18 et 19)*. Il se compose d'un réchauffeur, d'un récipient à chute d'eau et d'un filtre; l'eau est réchauffée au contact de la vapeur; elle monte au sommet du dispositif à chute dans lequel elle tombe mélangée au détartrant; elle arrive ensuite dans un filtre horizontal composé, comme le réchauffeur, de bacs filtrants analogues à ceux employés dans les sucreries.

Il y a là un procédé fort intéressant à retenir. Les appareils ordinaires d'épuration d'eau procèdent, en effet, pour séparer les précipités, après mélange de l'eau à épurer et des réactifs, de la décantation avec mouvement ascendant et continu dans une colonne verticale; ce mouvement, variable d'ailleurs avec le débit, paraît contraire à l'idée même de la décantation, et le filtrage est certainement un procédé plus sûr.

L'autre appareil de la maison Hans Reisert, de Cologne, est du type habituel vertical avec saturateur Dervaux et décanteur filtreur.

La chaudière Reichling possédait son épurateur distinct. Cet appareil comporte aussi un réchauffage de l'eau, mais après son mélange avec le réactif; la précipitation des sels se fait donc d'abord à froid, tandis qu'elle se fait à chaud et, par suite, dans de meilleures conditions, dans l'appareil précédent; puis l'eau se décante à la partie inférieure et se filtre ensuite en montant dans un mouvement vertical.

Enfin, dans le pavillon des Mines était exposé le dessin d'un appareil d'épuration d'eau Humbolt rappelant l'ancien appareil Gaillet horizontal à cloisons inclinées et, dans le pavillon des chaudières non en marche, un appareil analogue de la maison Buttner.

Pour terminer cette revue des accessoires de chaudières, nous signalerons les appareils Ados et Custodis, pour mesurer l'acide carbonique contenu dans la fumée et vérifier ainsi la combustion des gaz. Dans un pavillon spécial étaient exposées des briques enduites de carburundum et résistant au feu le plus intense; dans un petit four construit spécialement, des briques plongées au milieu du feu pendant toute la durée de l'Exposition n'ont nullement été détériorées; il y a là une matière utile pour les parois de foyers de chaudières.

Statistique des accidents de chaudières.

Pour en finir avec les chaudières, il me paraît utile de relever le coefficient de sécurité obtenu en Allemagne avec les types normalement en usage. En ne considérant dans les accidents que les tués, ce qui donne au chiffre de la statistique un caractère tout particulier d'exactitude, on relève qu'en Allemagne, pendant les dix années 1890-1899, on n'a compté que 1,5 mort par 10 000 chaudières et par an, alors qu'en France ce chiffre atteint 2,2.

L'Administration française des Mines voit dans la comparaison de ces chiffres une raison à l'extension des Associations de Propriétaires d'Appareils à vapeur dont les pouvoirs sont beaucoup plus étendus en Allemagne; j'ajouterai qu'il faut tenir compte aussi du grand développement industriel de l'Allemagne dans ces dernières années, et de ce que, par suite, les chaudières y sont beaucoup moins âgées qu'en France; ainsi, en 1878, alors qu'en France il y avait environ 53 000 chaudières en service et 60 000 en Allemagne, en 1898, il y en avait 92 000 en France et 140 000 en Allemagne.

En serrant le problème de plus près, en ce qui concerne les chaudières multitubulaires, nous voyons qu'en Allemagne ces chaudières ont apporté, comme en France, un contingent relativement plus important aux accidents.

Depuis 1894, en effet, le nombre de tués par 10 000 généra-

teurs a été, en moyenne, de 10 avec les chaudières multitubulaires, chiffre bien supérieur à celui de 1,5 tué indiqué plus haut pour l'ensemble des chaudières. De 1879 à 1900 la statistique des accidents en Allemagne donne :

	NOMBRE D'ACCIDENTS	NOMBRE DE TUÉS	NOMBRE DE BLESSÉS GRIÈVEMENT	NOMBRE DE BLESSÉS LÉGÈREMENT
Sur l'ensemble des chaudières	361	264	162	398
Sur les multitubulaires.	48	9	12	25
Soit	13,3 0/0	3,4 0/0	7,4 0/0	6,3 0/0

Ces pourcentages sont bien supérieurs à celui du nombre de chaudières multitubulaires par rapport au total des générateurs, qui doit être actuellement de 1,5 0/0.

En résumé, en Allemagne les chaudières multitubulaires, qui ne sont, d'ailleurs, que du type à lames d'eau, ne paraissent pas donner plus de sécurité que les chaudières multitubulaires françaises, et il est encore nécessaire que des améliorations soient apportées à la construction, à l'entretien et à la conduite pour arriver à diminuer le nombre des accidents et l'amener au chiffre bien plus réduit qui a été relevé dans le département de la Seine, dans la dernière période décennale où il n'est survenu que deux morts.

MACHINES

En commençant, je rappellerai les divers articles publiés sur les machines à l'Exposition de Dusseldorf par M. Dobbel, dans le *Bulletin* de la Société des Ingénieurs allemands des 3 et 24 mai 1902, par M. Descroix, dans la *Revue Industrielle* des 31 mai, 7 juin et 9 août 1902, par M. Dujardin, dans le *Génie Civil* du 20 septembre 1902 et du 1er novembre 1902.

L'examen d'ensemble des machines exposées m'a amené à les classer plutôt suivant leur position horizontale ou verticale; les machines horizontales représentent, en effet, les moteurs d'ateliers à allure normale; les machines verticales sont plus spécialement à grande vitesse, sauf la machine Gutehoffnungshütte de 3 000 *ch.*

Les deux tableaux III et IV suivants donnent les machines ainsi classées.

Au fond, les machines exposées ne paraissent pas présenter de grandes innovations. Les machines horizontales sont toutes à soupapes; ces soupapes sont des types Collmann, Gutermuth, Windmann, Proell, etc., déjà connus; quelques rares machines compound ont des tiroirs Corliss au grand cylindre, entre autres la grande machine Gutehoffnungshütte.

Les machines verticales sont à distribution très simple, à tiroirs Rieder, à tiroirs cylindriques ou même tiroirs plans, sauf la machine Meer, de Gladbach, qui est à soupapes Lantz et qui est une des plus intéressantes de l'Exposition.

Toutes ces machines verticales peuvent marcher à surchauffe, quoiqu'à l'Exposition, en raison des longues tuyauteries de vapeur reliant les chaudières aux machines, la surchauffe obtenue dans les chaudières ait disparu.

C'est ici que je placerai les observations que je voulais présenter sur cette importante question de la surchauffe.

Cette question avait été reprise en 1890 en Alsace, et en 1900 elle apparaît sur les machines étrangères de l'Exposition comme une question résolue; toutes les machines étaient étudiées en vue de la surchauffe; on spécifiait les garanties que l'on accepterait pour des marches à surchauffe, sans toutefois s'appuyer sur beaucoup d'essais.

Au fond, la question était beaucoup moins avancée, et les préoccupations actuelles que j'ai rappelées plus haut, sur la construction et l'installation mêmes des surchauffeurs, montrent qu'il en est bien ainsi. Peut-être les étrangers ont-ils repris cette étude pour justifier l'emploi presque exclusif qu'ils font de la soupape comme organe de distribution, en raison de ce que les soupapes paraissent convenir plus particulièrement pour la surchauffe, mais au fond, c'est aussi pour diminuer la consommation plus élevée des machines à soupapes.

En réalité, la question ne doit pas se poser en France entre les soupapes et les tiroirs Corliss; il y a là deux organes qui ont été adoptés depuis bien longtemps par chaque pays, et que les mécaniciens ont construits chacun de leur côté avec plus de sûreté et plus de précision; il se peut qu'un bon constructeur de tiroirs Corliss construise moins bien des soupapes, et inversement.

NOM DES EXPOSANTS	TYPE DES MACHINES	SYSTÈME DE DISTRIBUTION	
		PETIT CYLINDRE	GRAND CYLINDRE
Fabriques Grevenbroïch, à Grevenbroïch.	Deux lignes compound tandem jumelées (groupe électrogène).	Soupapes sans déclic.	Soupapes sans déclic.
Haniel et Lueg, à Dusseldorf Grafenberg	Compound (groupe électrogène).	Soupapes.	Soupapes.
Société anonyme « Hohenzollern », à Dusseldorf.	Compound tandem (groupe électrogène).	Soupapes.	Soupapes.
Société « Union », à Essen.	Compound tandem (groupe électrogène).	Soupapes. Détente Kaufhold.	Tiroirs Corliss Wheelock.
Forges de Sundwig, à Sundwig.	Compound tandem petit cylindre à l'avant (groupe électrogène).	Soupapes sans déclic.	Tiroirs Corliss genre Wheelock.
Humboldt, à Kalk.	Compound tandem (groupe électrogène).	Soupapes.	Soupapes.
Oscar Reycke, à Reydt.	Compound tandem (groupe électrogène).	Soupapes à levier roulant sans déclic.	Soupapes ordinaires.
Louis Soest, à Reisholz.	Compound tandem (groupe électrogène)	Soupapes.	Soupapes.
Schüchtermann et Kremer, à Dortmund.	Compound tandem (groupe électrogène).	Soupapes Kollmann.	Soupapes Kollmann
Fried Spiess fils, à Barmen.	Compound tandem (groupe électrogène).	Soupapes sans déclic.	Soupapes sans déclic.

Machines horizontales.

TABLEAU III.

DIAMÈTRE DES CYLINDRES		COURSE	NOMBRE de TOURS	PUISSANCE en CHEVAUX	OBSERVATIONS
PETIT CYLINDRE	GRAND CYLINDRE				
0,750	1,100	1,300	94	2 000	
0,670	1,570	1,200	94	900	
»	»	»	94	800/1000	Les soupapes du grand cylindre sont aussi à déclic.
»	»	»	94	500	
0,490	0,770	0,850	125	450	Les soupapes sont commandées par une double came, l'une pour la levée, l'autre pour la retombée. — Régulateur sur arbre latéral.
»	»	»	94	400	Régulateur sur arbre latéral. Amortisseur Stumpf.
0,425	0,650	0,800	134	350	
0,400	0,650	0,800	125	300/350	
0,450	0,700	0,900	110	300	
»	»	»	100	180	

NOM DES EXPOSANTS	TYPE DES MACHINES	SYSTÈME DE DISTRIBUTION	
		PETIT CYLINDRE	GRAND CYLINDRE
Fabrique de machines de la Marche, ancienne maison Kamp et Cie, à Wetter sur la Ruhr.	Compound tandem.	Soupapes Tropen sans déclic.	Soupapes Tropen sans déclic.
Dietrich et Bracksieck, à Bielefeld.	Compound jumelle.	Soupapes.	Soupapes.
Kirberg et Huelz, à Hilden.	Compound jumelle.	Soupapes.	Tiroirs Corliss.
Fabrique de machines Dingler, à Deux-Ponts.	Monocylindriques (petites machines d'atelier).	Tiroir cylindrique de détente et tiroir cylindrique d'admission indépendants.	
Wilhelmi, à Mulhein sur la Ruhr.	Machine rotative.	»	
Humboldt, à Kalk.	Turbine de Laval.	»	
Haniel et Lueg, à Dusseldorf-Grafenberg	Triple expansion 2 cylindres BP 2 lignes jumelées (actionne une pompe).	Soupapes aux quatre cylindres.	
Schüchtermann et Kremer, à Dortmund.	Compound (act. un compresseur).	Soupapes Kollmann.	Soupapes Kollmann.

Machines horizontales *(suite)*.

TABLEAU III.

DIAMÈTRE DES CYLINDRES — PETIT CYLINDRE	DIAMÈTRE DES CYLINDRES — GRAND CYLINDRE	COURSE	NOMBRE de TOURS	PUISSANCE en CHEVAUX	OBSERVATIONS
0,650	1,000	1,200	90/110	1 100	
0,400	0,650	0,700	95	225	Les soupapes sont sur les côtés des cylindres et rapprochées sur une conduite commune pour l'admission et l'échappement.
0,400	0,610	0,800	110	150/200	Un seul tiroir Corliss par fond donnant à la fois l'admission et l'émission.
»		»	»	»	
»		»	600/750	25	
»		»	1 300	100	
HP 0,950	MP 1,500 ; 2 BP 1,650	1,700	60	4 000	
0,575	0,900	1,100	»	»	

NOM DES EXPOSANTS	TYPE DES MACHINES	SYSTÈME DE DISTRIBUTION	
		PETIT CYLINDRE	GRAND CYLINDRE
Société Stahl et Eisen, à Hoerde.	Compound (act. un compresseur).	Soupapes Stumpf.	Soupapes Stumpf
Calow et Cie, à Bielefeld.	Compound (act. un compresseur).	Tiroir Rieder.	Tiroirs Corliss.
Meer frères, à Munchen Gladbach.	Monocylindrique (act. un compresseur).	Soupapes Lantz.	
Humboldt, à Kalk.	Monocylindrique (act. un compresseur tandem).	Détente Rieder.	
Gutehoffnungshütte, à Oberhausen.	Deux lignes compound tandem jumelées (machine d'extraction).	Soupapes avec coulisses.	Soupapes avec coulisses.
Ehrhardt et Sehmer, à Schleifmühle.	Compound tandem (pour laminoir).	Double tiroir plan.	Tiroir plan.
Société anonyme de Duisbourg, à Duisbourg.	Compound tandem (pour laminoir).	Tiroir cylindrique à double piston.	Tiroir cylindrique à piston simple.
Eschweiller Maschinenbau, à Eschweiller.	Compound tandem (act. un laminoir).	Tiroir Rieder.	Tiroir Rieder.
Schäfer et Langen, à Crefeld.	Compound tandem (Pavillon spécial).	»	»

Machines horizontales *(suite et fin)*.

TABLEAU III.

DIAMÈTRE DES CYLINDRES — PETIT CYLINDRE	DIAMÈTRE DES CYLINDRES — GRAND CYLINDRE	COURSE	NOMBRE de TOURS	PUISSANCE en CHEVAUX	OBSERVATIONS
0,400	0,700	0,600	135	250	Régulateur sur arbre latéral. — Distribution aux compresseurs tandem par un seul tiroir Corliss dont le mouvement est pris par une rotule sur la commande du cylindre à vapeur.
0,380	0,580	0,700	100	180	
0,350		0,600	50/150	125	
»		»	»	50	
0,850	1,200	2,000	variable	1 500	
0,960	1,400	1,300	75	»	
0,750	1,060	1,200	90/110	1 100	
0,500	0,750	0,900	125	750	
»	»	»	»	150	

NOM DES EXPOSANTS	TYPE DES MACHINES	SYSTÈME DE DISTRIBUTION	
		PETIT CYLINDRE	GRAND CYLINDRE
Robert Spiess Fried. fils, à Barmen.		Tiroirs cylindriques, celui de détente à l'intérieur de celui de distribution.	Tiroir cylindrique.
Société des Forges de Sundwig, à Sundwig.	Groupe électrogène.	Tiroirs cylindriques, celui de détente en avant de celui de distribution.	Tiroir plan.
Meer frères, à Munchen Gladbach.	d°	Soupapes Lantz.	Soupapes Lantz.
Société K. et T. Moeller, à Brackwede.	Groupe électrogène.	Détente Rieder.	Tiroir cylindrique.
Fabrique de machines Dingler, à Deux-Ponts.	Groupe électrogène.	Tiroirs cylindriques, celui de détente en avant et par côté de celui de distribution.	Tiroir plan.
Neumann et Esser, à Aix-la-Chapelle.		Détente Rieder.	Tiroir plan.

Machines verticales.

TABLEAU IV.

DIAMÈTRE DES CYLINDRES — PETIT CYLINDRE	DIAMÈTRE DES CYLINDRES — GRAND CYLINDRE	COURSE	NOMBRE de TOURS	PUISSANCE en CHEVAUX	OBSERVATIONS
0,600	0,920	0,560	140	500	
0,440	0,690	0,470	160	270/350	
0,450	0,725	0,450	200	350	
0,540	0,860	0,550	125/140	420/550	
»	»	»	120	500/600	
0,380	0,560	0,400	150	150	

NOM DES EXPOSANTS	TYPE DES MACHINES	SYSTÈME DE DISTRIBUTION	
		PETIT CYLINDRE	GRAND CYLINDRE
Louis Soest et Cie, à Reisholz.		Tiroir rotatif entre les deux cylindres, actionné par pignon d'angle.	
Ehrhardt et Sehmer, à Schleifmühle.	Groupe électrogène.	Détente Rieder.	2 tiroirs cylindriques concentriques.
Humboldt, à Kalk.		Détente Rieder.	Tiroir plan.
L. Soest et Cie, à Reisholz.		Détente Rieder.	Tiroir Corliss unique.
« Gutehoffnungshütte », à Oberhausen.	A triple expansion (groupe électrogène).	Soupapes au petit et au moyen cylindres. Tiroirs Corliss au grand.	
Actien Gesellschaft « Prinz Rudolph ».	Compound (machine d'extraction).	»	»
Pokorny et Wittekind.	Compound (act. un compresseur).	Tiroirs cylindriques.	Tiroirs cylindriques.

Machines verticales (*suite et fin*).

TABLEAU IV.

DIAMÈTRE DES CYLINDRES		COURSE	NOMBRE de TOURS	PUISSANCE en CHEVAUX	OBSERVATIONS
PETIT CYLINDRE	GRAND CYLINDRE				
0,250	0,375	0,200	525	100/150	
0,480	0,720	0,600	150	310/400	
»	»	»	»	»	
»	»	»	»	»	
HP 0,830 / MP 1,400	BP 2,050	1,200	94	3 500	
0,820	1,150	2,260	variable	1 500	
0,650	1,050	0,900	90	»	

Le tiroir Corliss a été importé en France par les Américains, lors de l'Exposition de 1867; les constructeurs français l'ont alors adopté et, depuis 35 ans, ils le fabriquent avec une précision très remarquable; de leur côté, les étrangers ont adopté la soupape Sulzer et ils la construisent avec aussi beaucoup de précision.

La soupape est un organe moins économique que le tiroir Corliss; elle laisse à l'espace mort, un volume et surtout une surface plus grands; les condensations initiales à l'admission dans le cylindre sont plus importantes, aussi les constructeurs de machines Corliss ont-ils eu peu à faire pour perfectionner leurs machines, tandis qu'à l'étranger les constructeurs ont dû recourir à la double, puis à la triple expansion, à l'augmentation de pression et enfin à la surchauffe pour rendre leurs machines plus économiques.

Pour arriver à la même économie, et même pour la dépasser, faut-il appliquer la surchauffe aux machines Corliss? Actuellement, toute la question est là. Pour y répondre, il faut distinguer entre la surchauffe modérée et la haute surchauffe; quand, en Alsace, on a repris la question en 1890, il ne s'agissait alors que de surchauffe modérée; la surchauffe a été essayée à ce moment sans se préoccuper des types de machines; c'est ainsi qu'elle a été appliquée aussi bien à des Corliss qu'à des machines à soupapes, à des machines à tiroirs plans et même à des machines Woolf à tiroirs plans également; on ne se préoccupait pas alors de l'organe de distribution. A l'appui de cette constatation, j'ai reproduit ci-après dans un tableau, les essais faits par M. Walther-Meunier, Ingénieur en chef de l'Association Alsacienne de Propriétaires d'Appareils à vapeur, et publiés dans le *Bulletin* annuel de cette Association. (Tableau V.)

D'après ce tableau, on voit que, dans les essais, la vapeur n'a été surchauffée que vers 250°; l'économie résultant de la surchauffe a atteint de 10 à 25 0/0 en moyenne

J'insiste en passant sur un point : c'est que M. Walther-Meunier dans ses essais a toujours relevé soigneusement la température de la vapeur surchauffée, non seulement à la sortie du surchauffeur, mais à l'arrivée dans la machine; c'est, en effet, ce dernier chiffre qui marque l'économie à réaliser et qui permet de se fixer sur la température que peuvent subir les organes de distribution.

Depuis 1890, les machines sur lesquelles on a essayé la surchauffe ont continué à l'employer.

De plus, la surchauffe modérée s'est tout à fait implantée en Alsace. On est arrivé peu à peu à marcher à des températures supérieures à 250° et la moyenne courante est 265°.

M. Walther-Meunier m'écrivait à ce sujet :

« J'ai eu fréquemment à réfuter l'opinion que les machines à soupapes sont préférables aux Corliss pour l'application de la surchauffe, et me suis tenu au courant des inconvénients qui auraient pu être observés avec ce dernier système. Je n'ai jamais eu la moindre plainte. Les directeurs des établissements auxquels je me suis adressé m'ont tous dit que les obturateurs sont aussi beaux que l'intérieur d'un cylindre de machine bien soignée.

» Nous avons encore d'anciennes machines Woolf à balancier et des machines à tiroirs plans avec application de surchauffe à 250° et plus et il n'y a jamais eu de plaintes.

» Si les organes de distribution sont exécutés convenablement et si l'on ne lésine pas sur les huiles et les garnitures, l'application de la surchauffe entre 250° et 300° est parfaitement supportée par les Corliss et les systèmes dérivés, comme par les tiroirs cylindriques et même les tiroirs plans ».

Quelques essais de surchauffe modérée ont été effectués dans d'autres contrées sans qu'il en soit aussi résulté d'inconvénient; en particulier la maison Dujardin, à Lille, poursuit déjà depuis quelques années de nombreux essais dans ce sens, et elle accepte définitivement la surchauffe sur ses machines ordinaires à tiroirs Corliss, sans y rien modifier.

Les applications de surchauffe reprises en 1890 en Alsace, ont eu surtout pour but de réduire la consommation des machines existant alors; depuis, la question s'est étendue aux machines neuves pour les rendre de plus en plus économiques.

M. Walther-Meunier a présenté au Congrès des Associations de Propriétaires d'Appareils à vapeur, en 1897, le compte rendu d'essais faits spécialement sur cette question. Ces essais ont été entrepris sur une machine Berger-André à tiroirs Corliss à triple expansion et marchant à une pression de 11,5 *kg*. On a trouvé comme consommation de vapeur les chiffres suivants :

Marche avec vapeur surchauffée . . . . 5,04 *kg* ;
Marche sans surchauffe . . . . 5,969 *kg*.

M. Walther-Meunier a repris ces essais sur la même machine en 1896, mais avec un surchauffeur Schwoerer qui avait rem-

Essais de consommation de vapeur sur des machines marchant de propriétaires

NUMÉRO DE L'ESSAI	PUBLICATION	TYPE DE LA MACHINE	CONSTRUCTEURS
1	Bull. Exer. 1890	Horiz. compound à 4 tiroirs. . . .	Société Alsac. Constr. mécan.
2	Id.	Horiz. jumelle à 4 tiroirs	Ateliers de Bitschwiller.
3	Bull. Exer. 1891	Woolf à balancier, tiroirs plans . .	Id.
4	Id.	Corliss jumelle.	Id.
5	Bull. Exer. 1892	— monocylindrique	Berger-André, à Thann.
6	Id.	Horiz. compound à soupapes . . . Corliss monocylindrique	Ateliers d'Augsbourg. Berger-André, à Thann.
7	Id.	Woolf à balancier, enveloppe chauffée. . .	Id.
8	Id.	Woolf à balancier, — non chauffée.	Id.
9	Id.	Triple expansion à soupapes. . . .	Sulzer frères, à Winterthur.
10	Id.	2 Ingliss jumelles	Hick, Hargreave et Cie, à Bolton.
11	Id.	2 Woolf à balancier jumelles . . .	Id.
12	Id.	Id.	Id.
13	Id.	Compound à tiroirs plans.	Atel. de Bitschwiller, à Thann.
14	Id.	Horiz. compound à soupapes . . .	Sulzer frères, à Winterthur.
15	Id.	2 Woolf à balancier jumelles . . .	Id.
16	Id.	Horiz. compound à 4 tiroirs plans.	Atel. de Bitschwiller, à Thann.
17	Id.	Corliss jumelles	Berger-André, à Thann.
18	Bull. Exer. 1895	Compound Frikart.	
19	Congrès des Ass. 1897	Triple expansion Corliss	Berger-André, à Thann.

à vapeur surchauffée exécutés par l'Association Alsacienne d'appareils à vapeur.

TABLEAU V.

SURCHAUFFEUR	TRAVAIL	NOMBRE DE TOURS	PRESSION DE LA VAPEUR	TEMPÉRATURE CORRESPONDANTE	TEMPÉRATURE DE LA VAPEUR à la sortie du surchauffeur	TEMPÉRATURE DE LA VAPEUR à l'arrivée à la machine	CONSOMMATION DE VAPEUR par cheval indiqué et par heure avec surchauffe	CONSOMMATION DE VAPEUR par cheval indiqué et par heure sans surchauffe
	chevaux		kilogr.	degrés	degrés	degrés	kilogr.	kilogr.
Uhler.	304	56,558	6,48	167		209	6,661	8,306
Id.	2×261,03	38,833	5,24	159,4	267,4	203,38	8,350	12,537
Schwoerer.	276,22	29,940	4,80	157	254,1	222,7	7,770	8,960
Id.	118,88	56,740	4,77	157	274	247	8,690	9,780
Id.	308,87	60,150	4,56	155,8	251,45	221,25	7,136	8,641
Id.	564,10	60,977 61,635	6,10	165	240	222	7,900	9,913
Uhler (feu direct)	296,03	31,780	6,27	166	213,5	206,7	6,890	8,150
Id.	259,38	31,710	6,16	165	220,3	211,4	7,610	8,888
Id.	311,54	64,620	5,93	164	261,8	255,6	5,200	6,363
Id.	271,10	63,10	6,795	168,5	231,58	204,15	10,165	11,744
Id.	625,64	29,998	6,715	168	217,50	211,10	8,220	9,110
Id.	312,34	28,365	4,658	156		212,52	7,430	9,865
Id.	682,75	53,81	6,500	167		214,10	7,263	9,922
Id.	278,64	74,647	5,530	161	261		6,699	8,343
Schwoerer.	441,46	25,825	6,000	164	247,4	224,6	8,018	9,799
Uhler.	476,04	60,791	6,500	167	249,7	229,2	6,441	7,680
Schwoerer.	133,827	60,634	4,830	157,5	239,05	207	9,177	10,200
	755,72		5,72	162,4	222,08	205	6,720	
	758,54	64,35	5,60	162,1	268,80	246,56	6,437	7,510
	776,06		5,72	162,4	284,34	262,72	6,059	
Uhler.	801,10	69,98	15,35	188,6	264,7	234,4	5,040	5,969

placé un surchauffeur Uhler ; il a trouvé comme consommation les mêmes résultats, soit :

Marche avec vapeur surchauffée. . . . 5,072 *kg* ;
Marche sans surchauffe. . . . . 5,953 *kg*.

Après ces essais, il concluait ainsi :

« Tout d'abord, nous avons acquis la certitude que la surchauffe, appliquée dans de bonnes conditions, donne toujours de l'économie, même avec les moteurs les plus perfectionnés et avec les pressions dont l'emploi se généralise de plus en plus.

« En second lieu, il ne faut pas juger la surchauffe uniquement d'après l'économie de vapeur qui, au point de vue de l'exploitation industrielle et de l'économie en argent, seul point qui intéresse le propriétaire, peut conduire à des conclusions erronées. L'économie réalisable sur la machine elle-même est d'autant moindre que le moteur est meilleur, mais l'installation de la surchauffe comprend tout l'ensemble, chaudières et machines, et c'est sa disposition même, comme construction et montage, après une étude raisonnée dans chaque cas particulier, qui procure le principal avantage. Le but est de réduire le coût du cheval-vapeur, c'est-à-dire la consommation de combustible, seuls facteurs qui, pour l'industriel, constituent un bénéfice pécuniaire ».

Ces conclusions rappellent les observations que j'ai présentées plus haut quand j'ai parlé des surchauffeurs proprement dits.

Parmi les essais de M. Walther-Meunier, ceux de 1895 sur une machine compound Frickart ont été faits à différents degrés de surchauffe pour voir dans quelle proportion la consommation diminue quand on augmente la température de surchauffe.

En portant cette température de 222,08 à 264,80 et à 284,34, la consommation qui était de 6,72 s'est abaissée à 6,437 et à 6,059.

Après ces essais, M. Walther-Meunier concluait ainsi :

« Si nous examinons les consommations de vapeur de la machine, nous voyons que leur chiffre diminue à mesure que le degré de surchauffe augmente ; il y a donc intérêt à marcher à une température de vapeur aussi élevée que possible, sans que les organes producteurs ou récepteurs en souffrent. »

M. Dujardin a constaté les mêmes résultats que M. Walther-

Meunier ; il a trouvé, en effet, sur sa machine d'ateliers les chiffres suivants :

Pression indiquée au cylindre *kg*	9	8	9	9
Puissance en chevaux indiqués *ch*	168	101	194	191
Température de la vapeur surchauffée au petit cylindre . .	300°	306°	310°	314°
Consommation de vapeur par cheval et par heure. . . . *kg*	5,480	5,500	5,100	4,940

Mais, comme toujours quand une idée surgit, les inventeurs ont tendance à la pousser plus loin ; c'est ainsi que l'on a cherché à augmenter la température de la vapeur surchauffée jusqu'à 350° et même 400° dans les essais de Schmidt sur les machines spéciales qu'il a dû faire pour utiliser la vapeur ainsi surchauffée. La soupape, je le reconnais, permet d'accepter cette haute surchauffe, et c'est dans cette voie que s'est engagée plus particulièrement la maison Carels, de Gand, qui dans des essais a atteint une consommation de 4,49 *kg* en vapeur et 0,567 en charbon brut pour une machine fonctionnant à 8,5 *kg* et faisant, à 72,43 tours, une force de 333,37 *ch* avec de la vapeur surchauffée à 308°,5 au cylindre (essais faits par l'Association belge pour la surveillance des chaudières à vapeur).

A titre de document, je présenterai aussi un tableau d'essais sur des machines construites récemment par la maison Sulzer et marchant à vapeur surchauffée, mais, en général, à température modérée. (Tableau VI.)

Dans ce tableau, on voit qu'une machine Sulzer a été essayée avec la haute surchauffe de 351° au cylindre ; cet essai et ceux de la maison Carels montrent que les soupapes peuvent subir une haute surchauffe sans qu'il soit nécessaire de recourir à des types nouveaux de machines ; il en est ainsi pour ces machines à soupapes marchant à haute surchauffe ce qu'il en est pour les machines Corliss marchant à surchauffe modérée ; il faut faire de nombreux essais pour que le temps vienne consacrer ces applications à la surchauffe.

Un essai d'une machine Sulzer a été fait également avec la surchauffe intermédiaire entre les deux cylindres ; il en est résulté encore un abaissement de consommation. Nous retrouvons dans cet essai l'idée de la surchauffe au grand cylindre qui exis-

Consommations de vap

INSTALLATIONS	TYPE DE LA MACHINE	FORCE NORMALE HP ind.	DIAMÈTRE DES CYLINDRES à haute pression	DIAMÈTRE DES CYLINDRES à basse pression	COURSES	RÉVOLUTIONS PAR MINUTE	PRESSION INITIALE	TEMPÉRA de LA VAPE à l'entr au pet cylindr
			mm	*mm*	*mm*		*atm*	*deg. C.*
Station centrale de Francfort-s/-Mein	Tandem	1 500 à 1 800	775	1 250	1 500	85	9,17 9,25 8,54	180 220 250
Station centrale de Zurich	»	1 050 à 1 250	680	1 100	1 300	100	7,6	235
Station centrale de Mannheim	»	800 à 1 000	610	1 025	1 300	85	9,6 9,4 9,5 9,5 9,3 9,4	180,4 180,1 182,2 286,0 278,2 285,0
Station centrale de Mayence	»	950 à 1 150	660	1 075	1 300	85	»	181 181 256 275
Metallwarenfabr. Geislingen Wurtemberg.	Tandem avec surchauffe interm.	450 à 500	450	775	900	110	»	303 290
Hen Baumwoll. Sprimerei, Hof. Bavière	»	1 000 à 1 200	682	1 200	1 700	65	»	346 351 300

de machines compound Sulzer.

Tableau VI.

VIDE	TRAVAIL INDIQUÉ HP IND.	CONSOMMATION DE VAPEUR PAR HP ind. et par heure	HP eff.	Kw.	RENDEMENT de LA MACHINE	RENDEMENT COMBINÉ de la dynamo et de la machine	OBSERVATIONS
cm		*kg*	*kg*	*kg*			
67	850	5,05	6,76	9,57	0,895	0,851	
67	842	5,47	6,14	8,84	0,891	0,842	
67,5	1 719	5,54	6,01	8,50	0,939	0,903	
58	1 167	5,95	6,25	8,95	0,951	0,904	
71	481,5	5,9	6,66	9,67	0,885	0,830	
71	780	5,95	5,42	9,23	0,926	0,877	
70	1078	6,40	6,79	9,76	0,932	0,892	
71	515	5,14	5,76	8,48	0,894	0,824	
70,5	788	5,23	5,62	8,12	0,931	0,875	
69	1100	5,40	5,68	8,14	0,951	0,902	
71,7	1076,5	6,4	6,73	9,65	0,951	0,902	
71	1316	6,58	6,85	9,78	0,960	0,915	
72	1071	5,33	5,60	8,03	0,951	0,903	
»	1021	6,975	7,40	10,62	0,943	0,893	Sans condensation.
67	519,5	4,9	»	»	»	»	Surchauffe intermédiaire : Température de la vapeur à l'entrée au gr. cylindre : 176° C.
67	347	4,7	»	»	»	»	166° C. 153° C.
69	788	4,5	»	»	»	»	
69,1	797	4,39	»	»	»	»	
86,8	788	4,86	»	»	»	»	

tait dans la machine que MM. Storck frères, des Pays-Bas, avaient exposée en 1900. Je rappelle que pour cette machine, avec une température de vapeur surchauffée à 324° au petit cylindre et 175° au grand cylindre, la consommation s'est abaissée à 4,38 *kg* de vapeur et 0,55 *kg* de charbon.

Enfin, la maison Dujardin a fait une série d'expériences sur un moteur compound de ses ateliers de constructions déjà ancienne, en l'alimentant avec de la vapeur surchauffée entre 255° et 280° et le faisant marcher à diverses charges et à différentes pressions.

Ces essais, dont on trouvera ci-après le résumé, ont montré qu'avec de la vapeur surchauffée la consommation n'a presque pas varié avec la charge et avec la pression ; la vapeur surchauffée rend donc la consommation des machines plus élastique. Il y a là une conclusion très importante qui s'explique d'ailleurs par ce fait que, si les condensations de vapeur saturée augmentent avec la pression et avec la détente, la vapeur surchauffée tend à diminuer et même à supprimer ces condensations.

Pression indiquée au cylindre *kg*	5,60	6,00	6,00	7,00	7,30	8,80
Puissance en chevaux indiqués *ch*	166	90	173	139	205	138
Température de la vapeur surchauffée au petit cylindre . .	270°	265°	270°	275°	285°	288°
Consommation de vapeur par cheval et par heure . . . *kg.*	5,950	6,050	5,950	6,000	5,930	5,920

En résumé, j'ai la conviction que nos constructeurs de machines Corliss peuvent parfaitement s'engager dans la surchauffe à allure modérée, sans rien changer à leurs machines. Avec les machines monocylindriques et compound déjà si économiques que nous possédons, la surchauffe modérée permettra d'abaisser nettement la consommation et d'ajourner pendant quelque temps encore la question des hautes surchauffes.

Toutefois, je vous signale que, pour répondre à des demandes de haute surchauffe, la maison Dujardin a entrepris la construction des machines à soupapes au petit cylindre et tiroirs Corliss au grand cylindre. Nous retrouvons ainsi le type généralement adopté en Autriche et qui a été mis en évidence à l'Exposition de 1900.

Il ne faut pas oublier, d'ailleurs, qu'outre les tiroirs Corliss et

les soupapes il y a d'autres organes de distribution qui peuvent parfaitement supporter la surchauffe, même à haute température, tels sont des tiroirs cylindriques comme ceux de la machine Delaunay-Belleville, de l'Exposition de 1900, les pistons-valves de la machine Van den Kerchove, présentée également en 1900. Cette dernière machine a été l'objet d'essais complets avec surchauffe à 350° ; à cette température, la consommation n'a été que de 4,10 *kg* ; à 300° elle a été de 4,5 *kg* et à 250 de 4,95 *kg*.

Pour terminer avec la surchauffe, j'insisterai sur la nécessité de bien envelopper les conduites de vapeur entre le surchauffeur et la machine. La température de la vapeur surchauffée s'abaisse, en effet, très rapidement par le refroidissement extérieur ; les essais de M. Walther-Meunier ont montré des pertes parfois importantes entre la température à la sortie du surchauffeur et celle à l'arrivée à la machine ; non seulement les conduites proprement dites doivent être bien entourées, mais encore leurs brides, les corps des soupapes, etc.

De plus, c'est avec les machines marchant à vapeur surchauffée qu'il serait opportun d'appliquer la tendance de la Marine à diminuer les diamètres des conduites de vapeur et à admettre une vitesse plus grande, mais en interposant à l'extrémité de la conduite, près de la machine, un réservoir qui compenserait les pertes de charge qui pourraient se produire dans la conduite ; la surface de conduite étant beaucoup plus faible, la perte par rayonnement extérieur diminuerait et la surchauffe se conserverait davantage ; il faudrait, bien entendu, que le réservoir fût également bien entouré de calorifuge comme les conduites.

Je viens de parler de la faible consommation de nos machines françaises. Ici encore je présenterai quelques observations sur certaines appréciations à l'étranger.

M. le professeur Doerfel, de Prague, a fait paraître, au commencement de 1900, dans le Journal de l'Association des Ingénieurs allemands, un travail très important sur « l'emploi de la vapeur surchauffée dans les machines à vapeur ; expériences pratiques et résultats d'essais ».

Nous allons passer rapidement en revue ce travail.

M. Doerfel débute ainsi :

« On sait que, pour l'emploi de la vapeur surchauffée, il existe deux méthodes principales : l'ancienne qui s'ingénie à conserver

les machines et chaudières à vapeur des types ordinaires et, par suite n'a procédé que progressivement en ce qui concerne l'élévation des températures utilisées, et celle de W. Schmidt avec ses machines spéciales à haute surchauffe. »

Ce que M. Doerfel appelle l'ancienne méthode est celle que nous devons essayer en France ; d'ailleurs, depuis la publication de ce travail, la vapeur surchauffée à haute température a pu être appliquée à des machines ordinaires à soupapes, comme nous l'avons dit plus haut, sans recourir à l'ensemble Schmidt.

Puis l'auteur met en relief les bons résultats du surchauffeur Schwœrer, dont 1 700 applications étaient déjà faites au commencement de 1900 ; il y en a, actuellement, 3 800.

Il expose ensuite le développement très important de la surchauffe en Autriche, et donne des renseignements intéressants sur la construction des surchauffeurs et sur le fonctionnement des machines à vapeur surchauffée.

Abordant l'effet économique de la surchauffe, il débute ainsi :

« L'influence de la surchauffe sur l'économie se manifeste principalement par la réduction de l'échange de calories entre la vapeur et les parois ; ce qui paraît contribuer essentiellement à cette réduction, c'est que la condensation sur les parois est diminuée ou complètement évitée. »

Tout le monde est bien d'accord sur ce point ; c'est ce que M. Boulvin a précisé au dernier Congrès de l'Association technique maritime, en mai dernier.

M. Doerfel établit ensuite la consommation, en calories, des machines à vapeur surchauffée par la formule suivante :

$$\lambda = 606{,}5 + 0{,}305T + 0{,}48(T' - T),$$

T' étant la température de la vapeur surchauffée et mesurée près de l'entrée de la boîte à tiroir, ou avant les enveloppes.

Il dit, enfin, et c'est là le point principal à faire ressortir de son travail :

« La plupart des machines à condensation à simple expansion consomment, sous la pression d'admission de 6 à 7 *kg*, 8,5 à 11 *kg* d'eau d'alimentation par cheval indiqué et par heure représentant 5 500 à 7 200 calories. Ce n'est qu'exceptionnellement que l'on entend parler d'essais ayant accusé une consommation de moins de 5 000 calories, comme ceux de M. Delafond ; il s'agit alors généralement de machines Corliss bien entretenues. »

Je rappelle, en passant, que les essais de M. Delafond, dont

parle M. Doerfel, sont ceux que j'ai faits, au Creusot, sur ses nouvelles machines Corliss, en 1882.

De l'assertion de M. Doerfel, il se dégage nettement qu'à l'étranger on paraît ignorer absolument les consommations vraiment très faibles trouvées pour des machines monocylindriques, en France. J'ai déjà fait ressortir ces faibles consommations dans ma note sur l'Exposition de 1900 ; je le fais encore ici par un tableau où je résume divers essais faits par les Associations de Propriétaires d'Appareils à vapeur avec toute la précision désirable ; même pour des machines de moins de 100 *ch*, la consommation *n'a pas* dépassé 7,12 *kg*; elle est descendue à 6,375 *kg* pour une machine faisant 341,39 *ch*. (Tableau VII.)

Il est vrai que les publications d'essais sont très éparses, et qu'il n'y a guère que les expériences du Creusot qui ont fait l'objet d'une publication d'ensemble. (*Annales des Mines*, septembre-octobre 1884).

On comprend qu'avec des consommations aussi faibles pour des machines monocylindriques, les constructeurs n'arrivent au compoundage que pour des forces élevées.

Pour les machines à double expansion, M. Doerfel, avec des pressions de 7 à 8 *kg*, parle d'une consommation de 6,5 à 7,5 *kg* et pour des machines à triple expansion, sous des pressions de 10 à 12 *kg*, la consommation serait de 5,5 à 6 *kg*.

Ces chiffres sont à peu près conformes à ceux relevés dans différents essais; j'en citerai quelques-uns dans le tableau ci-après. (Tableau VIII.)

M. Doerfel termine son travail par la publication et l'examen de quelques essais de machines à vapeur surchauffée.

Dans cette partie, nous relevons une indication bien intéressante quand il dit :

« On trouverait sans doute qu'une double surchauffe, l'une au cylindre à haute pression, l'autre au cylindre à basse pression, est plus avantageuse que l'emploi d'une très forte surchauffe au premier cylindre, quand même la dépense totale de calorique serait un peu plus grande que dans ce dernier cas. »

Cette conclusion est conforme aux essais de la maison Sulzer frères, sur la machine Métallwarenfabrik Geislingen et à ceux de la machine Schmidt-Storck. Elle avait déjà été exposée dès 1890 par M. Schwoerer.

Essais de consommation de vapeur, enveloppe comprise, sur des machines monocylindriques Corliss faits par des Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur.

TABLEAU VII.

EXPÉRIMENTATEUR	CONSTRUCTEUR	DIAMÈTRE du CYLINDRE	COURSE	NOMBRE DE TOURS par minute	PRESSION	PUISSANCE DÉVELOPPÉE	CONSOMMATION DE VAPEUR par cheval indiqué et par heure	OBSERVATIONS
		m	*m*		*kg*	*ch*	*kg*	
Association Parisienne. .	Farcot.	0,515	1,150	66,59	6,250	145,14	6,750	
Association Lyonnaise. .	Id.	0,515	1,150	61	6,291	117	6,880	
Association Normande. .	Id.	0,650	1,300	75	7,200	289	6,424	
Id. . .	Id.	0,650	1,300	65,24	6,992	265	6,670	
Association de l'Ouest. .	Id.	0,650	1,300	75	6.100	390	6,757	
Id. . .	Id.	0,736	1,440	63,15	6,500	341,39	6,375	
Association Parisienne. .	Weyher et Richemond.	0,575	1,200	60	6,500	197,10	6,480	
Id. . .	Id.	0,365	0,800	74,68	6,000	65,70	7,120	
Association de l'Ouest. .	Id.	0,365	0,800	78,80	6,250	59,57	7,105	
Id. . .	Id.	0,420	0,900	68,85	6,480	91,65	7,122	

M. Doerfel ajoute, en ce qui concerne les machines monocylindriques :

« Les grands écarts de température sur lesquels travaillent les machines à condensation à simple expansion font ressortir l'importance de l'action des parois ; ce terrain serait donc particulièrement favorable pour mettre en évidence les avantages de la surchauffe. »

Cette importante conclusion est tout à fait conforme à la nôtre, à savoir que c'est surtout pour les machines monocylindriques que les constructeurs doivent chercher à appliquer la vapeur surchauffée.

En confirmation de cette remarque, je signale que la maison Carels a obtenu sur une machine monocylindrique de 150 *ch*, marchant à 8 *kg* avec de la vapeur surchauffée à 340°, une consommation de 5,8 *kg*.

Enfin, M. Doerfel parle des machines à petits espaces nuisibles comme celle du Creusot ; il semble ainsi admettre, par opposition, de grands espaces nuisibles ; ces expressions sont tout à fait contraires aux études faites sur les machines et à leur enseignement même ; nous avons toujours pensé qu'il fallait continuellement chercher à réduire ces espaces compris à fin de course entre le piston et l'organe de distribution et bien définis par le mot « nuisible » ; l'expression de M. Doerfel est en contradiction avec les études des écoles alsacienne et belge, qui ont fait ressortir les graves inconvénients non seulement du volume de l'espace nuisible, mais aussi de sa surface. Il est vrai qu'en Allemagne les travaux des savants sur les machines à vapeur paraissent peu connus ; on étudie et on construit les machines sans s'occuper aucunement des espaces morts ; ils sont ce que la construction les fait.

Pour mettre ce fait bien en évidence, je reviens à l'Exposition de Dusseldorf en vous parlant de la grande machine Gutehoffnungshütte de 3 000 *ch*. *(Pl. 43, fig. 1 à 7)*.

Cette machine est du type pilon vertical à triple expansion ; elle est destinée à la Station centrale d'électricité d'Essen ; elle doit faire 3 000 *ch* avec une admission de 30 0/0 au petit cylindre, et 3 500 *ch* avec une admission de 41 0/0 ; la garantie de consommation de vapeur par cheval indiqué et par heure est, dans le premier cas, de 5,7 *kg*, et, dans le second cas, de 6,6 *kg*, avec une pression initiale de 9,5 *kg* et une surchauffe de 70°.

La machine comporte trois cylindres côte à côte de 0,830,

Essais de consommation de vapeu[r]
exécutés par les Associatio[ns]

PUBLICATIONS	TYPE DE LA MACHINE	CONSTRUCTEUR
Bulletin Assoc. Alsacienne Exercice 1890.	Triple expansion. Soupapes.	Sulzer.
Bulletin Assoc. Alsacienne Exercice 1891.	Triple expansion. Corliss-Frikart.	Société Alsacienne de Constructions mécaniq[ues]
Bulletin Assoc. Alsacienne Exercice 1892.	Compound. Corliss-Frikart.	Id.
Bulletin Assoc. Alsacienne Exercice 1893.	Compound. Corliss.	Berger-André.
Bulletin Assoc. Alsacienne Exercice 1895.	Compound. Corliss, genre Wheeleck.	Dujardin.
Id.	Compound. Soupapes.	Tosi.
Bulletin Assoc. Alsacienne Exercice 1898.	Compound. Corliss.	Berger-André.
Congrès des Associations Année 1893.	Compound. Corliss.	Dujardin.
Congrès des Associations Année 1896.	Compound. Corliss.	Dujardin.
Congrès des Associations Année 1893.	Triple expansion. Soupapes.	Carels.

machines à double et triple expansion,
riétaires d'appareils à vapeur.

TABLEAU VIII.

DIAMÈTRES	COURSE	NOMBRE de TOURS	PRESSIONS	TRAVAIL	CONSOMMATION PAR CHEVAL et par heure
m	*m*	*tours*	*kg*	*ch*	*kg*
PC 0,525 MC 0,800 GC 1,200	1,350	64,468	5,800	277,09	5,673
PC 0,400 MC 0,600 GC 0,900	1,200	71,159	10,800	386,52	5,740
PC 0,500 GC 0,950	1,200	67,017	6,110	404,05	6,730
PC 0,440 GC 0,770	1,000	79,380	7,780	211,26	6,630
PC 0,735 GC 1,360	1,650	59,562	6,500	695,82	6,518
PC 0,550 GC 0,850	1,050	75,451	6,820	123,986	6,423
PC 0,500 GC 0,950	1,220	74,260	11,500	536,660	6,011
PC 0,701 GC 1,200	1,500	59,540	6,580	486,570	6,500
PC 0,415 GC 0,759	0,800	78,140	6,428	165,810	6,821
PC 0,475 MC 0,750 GC 1,105	1,050	59,240	9,850	378,460	6,027

1,400 et 2,050 *m* de diamètre pour une course commune de 1,200 *m*; sa vitesse est de 94 tours à la minute. Les trois cylindres ont des enveloppes de vapeur qui peuvent, de même que les fonds et les couvercles, être chauffées, soit par de la vapeur vive, soit par la vapeur passant aux cylindres. Pour permettre la libre dilatation des cylindres, la communication entre eux est établie par des tuyaux à rotules à ressorts.

Le petit et le moyen cylindres possèdent une distribution à fermeture puissante du système Gutermuth; le grand cylindre comporte des tiroirs Corliss. La commande de l'admission au moyen cylindre se règle à la main. (Pour de plus amples renseignements sur cette machine, on pourra consulter la *Revue industrielle* du 31 mai 1902, et le *Génie Civil* du 20 septembre 1902.)

Ce qui frappe dans cette machine, c'est la position des soupapes; elles sont placées latéralement dans des cylindres parallèles aux cylindres à vapeur, et s'étendent sur toute leur hauteur; on retrouve ici ce je disais plus haut: la position des soupapes a été étudiée sans s'occuper des espaces morts, qui doivent être très importants; de plus, pour un même côté du piston, les soupapes d'admission et d'émission sont groupées l'une au-dessus de l'autre sur le même conduit d'arrivée de vapeur; il en résulte que la surface de l'espace mort comprend, non seulement la surface externe de la soupape d'admission, mais encore la surface interne de la soupape d'échappement; cette surface d'espace mort doit être importante aussi. Enfin, avec.cette disposition, au moment de l'admission, la vapeur rencontre des surfaces qui ont été refroidies précédemment par l'échappement, d'où une augmentation dans les condensations initiales.

Ces condensations dans cette machine doivent être très importantes, et il est bien nécessaire que la triple expansion, la haute pression et enfin la surchauffe viennent corriger ces phénomènes parasites de condensation, ainsi que les nomme M. Boulvin.

Ainsi s'explique que la consommation garantie pour cette machine soit encore de 5,7 *kg*, alors qu'elle aurait dû être plus faible pour une force de 3000 *ch*.

Par contre, je citerai tout particulièrement la machine verticale de la maison Meer de Gladbach, concessionnaire de la soupape Lantz (*fig. 8*). Toutes les machines verticales de l'Exposition sont à tiroirs cylindriques ou du système Rieder; seule la machine Meer comporte des soupapes Lantz; mais, contrairement à ce

qui existe dans la machine Gutehoffnungshütte, les soupapes d'admission et d'émission d'un même côté du piston sont installées sur des conduits indépendants d'arrivée au cylindre; l'admission est ainsi soustraite au refroidissement de l'échappement, et les condensations initiales doivent être beaucoup plus faibles.

A titre d'indication, pour montrer le peu de souci qu'ont les constructeurs allemands de la grandeur de l'espace mort, je donne *(fig. 9)* la coupe de la distribution du petit cylindre de la machine verticale de la Sundwiger Eisenhutte; cette distribution est du type Doerfel, l'auteur des travaux dont j'ai parlé plus haut. On voit que cette distribution se compose d'un tiroir cylindrique de détente en avant d'un tiroir cylindrique de distribution; ces deux tiroirs sont séparés par une cloison sur laquelle le tiroir de détente coupe l'arrivée de vapeur; il s'ensuit que le volume de l'espace mort est augmenté du volume du tiroir de distribution lui-même; de plus, les surfaces refroidissantes à l'admission sont ainsi augmentées d'autant.

Condensation centrale.

Comme accessoires de machines, à l'Exposition de Dusseldorf, il faut mentionner tout particulièrement la condensation centrale *(fig. 10, 11 et 12)*.

Toutes les machines de l'Exposition fonctionnaient sans condensation; la vapeur d'échappement était collectée dans une condensation centrale avec réfrigérants. L'installation générale a dû être ainsi très simplifiée par l'adoption d'un tel système de condensation; il n'y avait plus à faire de canalisation d'eau pour chaque machine, à l'arrivée et au départ du condenseur; de plus, la réfrigération de l'eau ayant servi à la condensation a permis d'employer pour la condensation, aux pertes près, toujours la même eau, et de supprimer ainsi toute l'installation motrice d'élévation d'eau qui aurait été nécessaire.

Ces condensations centrales sont très usitées en Allemagne, dans les grandes usines, et surtout dans celles qui possèdent de nombreux moteurs.

Les deux maisons Sack et Kiesselbach, à Rath, et Balcke et C°, à Bochum, avaient installé les machines motrices nécessaires à cette condensation; la réfrigération était disposée par la maison Balcke et Cie.

Nous parlerons d'abord de l'installation de la maison Balcke et Cie.

La condensation se fait par surface. La vapeur arrive des différentes machines dans un cylindre séparateur d'huile, puis passe dans le condenseur à surface; c'est l'eau de circulation du condenseur à surface qui est refroidie ensuite ultérieurement dans des réfrigérants spéciaux.

Une machine compound à cylindres indépendants actionne, en prolongement de chaque cylindre : 1° derrière le grand cylindre, la pompe de circulation; 2° derrière le petit cylindre, d'abord la pompe à air, puis une pompe à deux compartiments : l'un pour l'extraction de l'huile du séparateur, l'autre pour l'extraction de l'eau du condenseur à surface. La machine à vapeur comporte des soupapes au petit cylindre et des tiroirs Corliss à double orifice Trick au grand cylindre. La vitesse varie de 35 à 70 tours par l'action du régulateur à ressort.

Le cylindre séparateur comporte trois cloisons verticales perforées dans une partie de leur hauteur, et au travers desquelles la vapeur se débarrasse de son eau grasse.

L'eau provenant de la vapeur d'échappement ayant traversé le condenseur à surface est renvoyée par une pompe spéciale dans une bâche, également cloisonnée, pour achever la séparation des graisses; c'est dans cette bâche que puisent les pompes d'alimentation aux chaudières, qui sont ainsi alimentées avec des eaux pures, ce qui résout la question du tartre dans les chaudières.

Le cylindre de la pompe à air est entouré d'un autre cylindre; entre eux circule de l'eau froide pour éviter l'échauffement de l'air par sa compression; cette pompe à air comporte un tiroir Corliss pour l'aspiration.

La réfrigération de l'eau se fait dans deux réfrigérants à cheminée dont l'un, de forme rectangulaire, est construit entièrement en bois, et l'autre, de forme cylindrique, entièrement en fer. Le tirage de l'appareil en fer donne un débit de 400 m^3; celui de l'appareil en bois un débit de 800 m^3 à l'heure. Dans cet appareil en bois, l'eau est distribuée à l'intérieur par un système de rigoles en bois, et tombe sur des planches de distribution d'un étage à l'autre, en sens inverse du courant d'air produit par la cheminée.

L'appareil en fer a 35 *m* de hauteur, et occupe une surface plus faible; la grande hauteur produit un courant d'air qui permet un grand débit sur un emplacement plus restreint; la distribution de l'eau est faite par des tôles perforées et galvanisées.

En résumé, l'Exposition de Dusseldorf a précisé l'emploi exclusif, en Allemagne, comme chaudières à grand volume, des chaudières à foyer intérieur; de plus, en raison de la marche à pression élevée des machines, les chaudières multitubulaires tendent aussi à se développer en Allemagne. Elles comportent toutes l'emploi de lames d'eau.

Dans les deux types de chaudières, on retrouve l'emploi de pièces forgées vraiment très remarquables : fonds, foyers, etc. Toutes ces chaudières contiennent des surchauffeurs.

Pour les machines, l'emploi de la soupape comme organe de distribution s'accentue; les formes des cylindres sont étudiées sans souci du rôle qu'elles peuvent avoir sur la consommation de vapeur; celle-ci est corrigée par l'emploi de la surchauffe.

En ce qui concerne le parti à tirer en France de l'examen de la construction des chaudières et des machines en Allemagne, il semble qu'il faille engager les constructeurs à adopter nettement la surchauffe modérée avec les tiroirs Corliss ordinaires, qui ont fait, jusqu'ici, leur très bonne réputation, aussi bien pour les machines monocylindriques que pour des compound.

Je sais bien qu'il faut tenir compte de l'engouement des acheteurs qui préféreront peut-être des machines à soupapes, croyant obtenir une consommation encore plus faible; mais il faudrait d'abord, comme je l'ai dit, en 1900, que les constructeurs de machines monocylindriques économiques s'engageassent, tout au moins à partir de 200 *ch* environ, dans la voie de la double et de la triple expansion pour relever ensuite à quelle consommation ils arriveraient avec de la surchauffe modérée.

La haute surchauffe est encore dans la période d'essais et de tâtonnements, surtout au point de vue des surchauffeurs.

L'adoption de la surchauffe également au grand cylindre dans les machines compound, même avec surchauffe modérée au petit cylindre, paraît être une très bonne solution de la question.

Je dois, en terminant, signaler que cette discussion entre l'emploi de la soupape et du tiroir Corliss paraît, en Suisse, passer maintenant au second plan, car ce pays se lance nettement dans la construction de turbines à vapeur qui peuvent supporter aussi la surchauffe, même à température élevée. La turbine Parsoons est, en effet, construite dans les Ateliers Brown, Boveri et C[ie], à Baden, et la turbine Rateau, dans les Ateliers d'Oerlikon.

COMPTE RENDU

DU

CONGRÈS DE LA HOUILLE BLANCHE

PAR

M. Ch. PINAT

L'industrie hydraulique est aussi vieille que les torrents. Il y a à peine un siècle, les chutes d'eau étaient encore, avec l'homme les animaux, le vent, la seule source de force motrice dont pût disposer l'artisan. La machine à vapeur, les moteurs thermiques, les moyens de transport de la houille sont venus peu à peu répondre au besoin croissant d'énergie que réclamait l'évolution économique, mais ils ne datent que du XIX[e] siècle. En même temps qu'ils se développaient, l'énergie des cours d'eau était de mieux en mieux utilisée. Pour ne citer que la région de Grenoble, aux vieux moulins, aux vieilles forges, de puissantes usines hydrauliques ont succédé, à Allevard, à Rioupéroux, à Bonpertuis, à Domène, à Lancey, à Albertville, dans tant de tissages, de papeteries, de moulins à chaux et à ciment.

Mais c'est surtout du jour où l'énergie hydraulique a pu devenir énergie hydro-électrique que date son véritable essor, avec la mobilisation et la diffusion qui pouvaient en résulter pour elle.

Il y a treize ans, M. Bergès, entrevoyant l'un des premiers cet essor, baptisa du nom de Houille Blanche l'énergie emmagasinée dans la neige et les glaces des montagnes, illustrant d'un mot le triomphe qu'avec son habileté d'Ingénieur et sa tenace persévérance il était parvenu à remporter sur les torrents de Belledonne, en créant la première chute de 500 *m* de hauteur.

Ce fut pendant quelque temps une véritable fièvre de créations hydrauliques. Sans compter l'usine de Jonage, on ne peut guère évaluer à moins de 100 à 120 millions les capitaux qui ont été consacrés à ces créations en quelques années et dans une région très limitée.

A cette fièvre, comme toujours, succéda la réaction. Déboires de construction, paresse des débouchés commerciaux, difficultés administratives, tout sembla se réunir pour éprouver les hardis

initiateurs. Pour la plupart d'entre eux, cette crise eut au moins pour résultat de les amener à prendre contact les uns avec les autres et à se réunir en syndicat professionnel.

Étudiant en commun les besoins et le régime de leur industrie, voulant faire connaître ses difficultés sinon ses succès, l'une des premières idées des membres de ce Syndicat fut de se hasarder à convoquer le monde industriel et scientifique à une réunion où les aspects techniques, économiques et juridiques de la question hydraulique seraient exposés et mis en relief par la visite des principales installations du Dauphiné et de la Savoie.

Et notre Congrès s'est réuni sur l'appel de ce Syndicat.

M. le Président Salomon m'a fait l'insigne honneur de m'inviter à vous dire ce qu'a été ce Congrès. Combien d'autres parmi vous, Messieurs, y ont assisté et auraient pu mieux vous faire ce compte rendu ! Vous voudrez bien avoir pour moi, j'espère, d'autant plus d'indulgence que j'ai à refléter en cinq quarts d'heure une manifestation d'idées dont vous allez mesurer l'ampleur.

Je n'insisterai pas sur le succès qu'a obtenu notre timide entreprise. Plus de 600 adhésions ont répondu à l'appel du Syndicat, plus de 500 membres étaient présents à Grenoble, 350 à Annecy, 300 encore à Chamonix le septième jour, à la clôture.

Et si, après avoir ainsi étalonné sous l'ampèremètre le courant du Congrès, on eût tenté de le soumettre au voltmètre, quel chiffre n'eût-on pas atteint en raison de la qualité à haute tension de ceux qui, pour une semaine, s'étaient décorés de l'édelweiss, notre insigne. Il faut absolument m'interdire toute citation et vous renvoyer à notre liste : je dirai seulement que nous comptions parmi nous 107 Centraux et 95 membres de votre Société. Les Ministères des Travaux Publics, du Commerce, de l'Agriculture, de la Guerre, de nombreuses municipalités, Chambres de commerce, Associations techniques et syndicales s'étaient fait représenter. Tout spécialement l'Association internationale des Électriciens et l'Association amicale des Ingénieurs électriciens nous avaient envoyé de marquantes délégations.

La liste du Bureau vous donnera une idée des patronages dont nous avons pu nous honorer :

Présidents d'honneur :

MM. Guillain, ancien ministre des Colonies, inspecteur général des Ponts et Chaussées, vice-président de la Chambre des députés ;

Hanotaux, ancien ministre, de l'Académie française;
Dubost, ancien ministre, sénateur;
Boncourt, préfet de l'Isère;
Jay, maire de Grenoble;
Boch, maire d'Annecy;
Noblemaire, directeur de la Compagnie des Chemins de fer P.-L.-M.;
Vogeli, député de l'Isère;
Mascart, de l'Institut;
Philippe, inspecteur général des Ponts et Chaussées, directeur de l'Hydraulique agricole;
Harlé, président de l'Association internationale des Électriciens;
Brenier, président de la Chambre de Commerce;
Péchiney, industriel;
Bergès, industriel.

Vice-Présidents :

MM. Meyer, ancien député;
Coignet, vice-président de la Chambre de Commerce de Lyon;
Cornuault, président du Syndicat de l'Industrie du gaz;
Bernheim, président du Syndicat des Usines d'électricité.

L'organisation matérielle a pu faire face à cette affluence imprévue; elle a été grandement facilitée par la bonne volonté de tous et par la bienveillance de nos adhérents; elle a fait en tous cas le plus grand honneur à M. Charpenay, trésorier du Syndicat et aux cinq Commissaires, aussi dévoués que compétents, qui ont bien voulu remplir les laborieuses fonctions de fourriers, alors qu'ils eussent été à leur place comme conférenciers: MM. Roux, Reynaud, Juéry, Bouchayer et Chapuisat, auxquels je ne puis manquer d'associer M. Crolard, le distingué secrétaire général du Syndicat d'initiative d'Annecy. Je ne vous parle, Messieurs, de cette organisation que parce qu'elle prouve surtout que les efforts généreux de ceux qui cherchent à développer le tourisme en France ont déjà réalisé en Dauphiné et en Savoie de considérables améliorations; on cherche toujours, on cherchera encore à perfectionner dans nos pays cet outillage spécial: notre Congrès lui a fourni une occasion de faire la preuve de ses ressources actuelles. Les Ingénieurs ne doivent-ils pas s'occuper même de cette industrie, c'en est une, qui n'a pas été toujours exercée avec assez de soins en France? Cependant à l'Exposition de

Genève en 1896, on pouvait voir, détaillés dans un élégant pavillon, tous les éléments d'une technique complète sur ce sujet.

L'énergie naturelle est bien une des formes les plus captivantes de cette énergie française dont les diverses manifestations ont été si brillamment décrites. M. Hanotaux, l'ayant de suite pressenti, était venu bien avant nous faire son enquête personnelle ; vous savez quelles pages en étaient sorties. Il ne pouvait pas nous refuser de venir à Grenoble mettre en relief l'objet du Congrès dès son ouverture. Et nous lui en avons été profondément reconnaissants, parce que, sans rien sacrifier de la plus rigoureuse précision, il a su idéaliser les notions exactes qui nous sont familières, les revêtir d'une parure élégante, relever nos yeux sur notre horizon laborieux sans les dévier de l'objet qu'ils doivent envisager, orner enfin notre tâche quotidienne et l'embellir. N'est-ce pas là un réel service rendu à l'Ingénieur? Et ne trouve-t-on pas plus belles encore les fleurs qui égayent la fenêtre de l'ouvrier?

Le Congrès a visité quatorze usines, disposant comme force hydraulique dérivée de plus de 100 000 *ch*, présentant dans leur ensemble un équipage hydro-électrique installé, en ordre de marche, d'au moins 75 000 *ch*.

Le jour même de l'ouverture, le Congrès, représenté par plus de 400 d'entre nous, est allé saluer M. Bergès, le prophète et le parrain de la Houille Blanche, malheureusement retenu chez lui par la maladie, et visiter à Lancey la vaste usine créée par son génie, les premières colonnes de 500 *m*, la puissante papeterie, l'éclairage de la vallée, et la génération du courant continu à 1 200 volts, qui fait la traction du tramway de Grenoble à Chapareillan.

Nous avons ensuite visité, veuillez excuser le laconisme de cette énumération : à Champ, l'installation due à M. Lépine, avec barrage bas sur le Drac, décantation des eaux, conduite forcée de 3,30 *m* de diamètre et 4 600 *m* de longueur, dont la première moitié en sidéro-ciment, avec ses cheminées piézométriques, contenant 40 000 *t* d'eau motrice, produisant à 3 000 volts et envoyant à 26 000 le courant qui alimente cinquante-sept usines dans les vallées de la Fure et de la Morge à 60 *km* de distance ;

Au Cernon et sur le Bréda, les chutes, dont une de 612 *m* de hauteur, qui fournissent la lumière et la force à Chambéry et à onze communes de l'Isère et de la Savoie ;

Aux Clavaux, la prise d'eau sur la Romanche de l'usine créée par M. Hulin, occupée maintenant à la fabrication du sodium, du peróxyde de sodium et de l'oxylithe ;

A Rioupéroux, l'usine dirigée par M. Devilaine, l'une des plus anciennes et des plus actuelles tout à la fois, où l'utilisation des chutes d'eau a fixé toute l'histoire de ses étapes et de ses emplois successifs ;

A Livet, l'établissement construit par M. Drouhin pour les fabrications électriques et dont l'énergie va être affectée, en partie, à l'adduction de force motrice et de lumière dans la ville de Grenoble ;

A la Croix-Rouge, la sous-station toute récente qui transforme en courant continu par des commutatrices, des survolteurs et une batterie-tampon le courant alternatif engendré à Mésage (370 *m* de chute, 900 *ch*), par MM. Mortier et Martin, pour la Société Hydro-électrique de Vizille ;

A Avignonnet, l'imposant barrage de 22 *m* de hauteur, au travers de la gorge du Drac, donnant la chute avec une très courte dérivation, construit malgré les brusques surprises de ce dangereux torrent, les alternateurs du Creusot, descendus là au prix d'efforts inouïs, et engendrant directement à 26 000 volts le courant qui va être transporté jusqu'à 100 *km* de distance ;

A Engins, l'installation créée par M. Dusaugey pour alimenter la région de Voiron, type de l'usine où la vapeur soutient et complète la force hydraulique.

A La Praz, le plus puissant escadron de France, si brillamment commandé et si utilement occupé par M. Héroult, qui, pour convaincre les incrédules, a fait effectuer sous nos yeux une coulée de plus de 2 000 *kg* d'acier obtenu dans l'arc électrique ;

A Prémont, l'usine d'électro-chimie, où M. Gall a fait faire devant nous d'intéressantes démonstrations des procédés d'aluminothermie et de soudure de rails ;

A la Pomblière, près Moutiers, la prise d'eau dans l'Isère, le bassin de décantation, la chambre de filtrage et de mise en charge, travaux si soigneusement étudiés et parachevés par M. Coutagne, pour la Volta Lyonnaise, enfin le grand laboratoire d'électrochimie où on électrolyse les chlorures alcalins et où nous avons vu les ateliers de préparation du chlorure de chaux et de fabrication de la soude caustique ;

A Chedde, l'immense établissement où MM. Bergès, Corbin et Cie utilisent la force hydraulique peut-être la moins coûteuse qui ait

jamais été créée, sur la même dérivation et en-dessous de celle de la Compagnie P.-L.-M., et où nous fûmes salués par d'émouvantes détonations de cheddite, dont l'une en torpille dans l'Arve;

A Servoz enfin, l'usine prototype génératrice du courant de traction de chemin de fer, fruit des patientes études, de la science technique de M. Auvert qui, sous la direction de M. Geoffroy, sans laisser aucun détail à l'imprévu, a su constituer de toutes pièces une solution homogène et parfaite du grand problème de l'avenir. MM. Noblemaire, directeur, et Baudry, Ingénieur en chef de la Compagnie, avaient bien voulu venir recevoir le Congrès à Servoz.

De la Compagnie P.-L.-M. nous avons reçu d'autres marques de bienveillance. Son directeur avait accepté d'être un de nos présidents d'honneur et elle nous a accordé pour nos excursions des facilités et des commodités tout à fait spéciales.

Je ne puis, Messieurs, en finir avec cette liste sèche de nos excursions sans vous dire quelques mots de l'intéressant voyage en Suisse que M. Boucher avait organisé pour les membres du Congrès pendant les quatre journées qui ont suivi la clôture et auquel environ soixante-quinze d'entre nous ont encore pris part.

Les attractions majeures de cette tournée étaient les chantiers de percement du Simplon, la nouvelle usine de Vouvry, avec sa chute de plus de 950 *m* de hauteur, les installations électriques à peine achevées de la ville de Lausanne, enfin Chèvres et la Coulouvrenière, à Genève.

Comment ne pas admirer la souplesse et la perfection de ces machines hydrauliques, aussi bien asservies désormais que les machines thermiques à toutes les besognes de la mécanique, aptes ici à utiliser sous de faibles chutes la masse des eaux du Rhône, pour desservir Lausanne ou Genève, ou fournir la force nécessaire à transpercer les Alpes, aptes là à transformer en énergie, en bas de la plaine, les eaux du lac de Tanay, perché à 1 000 *m* plus haut, aptes enfin, à Genève, et surtout au Simplon, sous 80 ou 100 *kg* de pression, à transmettre docilement l'énergie au loin, à des moteurs, à des perforatrices, aux monceaux de déblais eux-mêmes que l'eau se charge de déplacer.

Vous connaissez, Messieurs, cet effort surhumain qui s'exerce au Simplon, les énormes difficultés qu'il a vaincues déjà ; nous avons vu la puissance, la simplicité et l'efficacité des moyens nouveaux adoptés dans l'art bien ancien du mineur, nous avons surtout rendu hommage à l'énergie des chefs de l'entreprise et

des ingénieurs de la Compagnie et au souci prédominant qu'ils ont de la santé et de la sécurité, même de l'hygiène des ouvriers qui sont leurs soldats dans cette lutte engagée, d'un côté contre l'enfer, de l'autre contre le déluge.

L'usine de Vouvry est le soutien de l'usine de la Grande-Eau, sur un autre affluent du Rhône ; elle possède, dans le lac de Tanay, une réserve annuelle de 30 millions de kilowatts-heures dont elle peut disposer selon ses besoins ; la colonne en tôle d'acier soudé, les vannages sous une pression de 950 *m*, la solution magistrale de tant de problèmes nouveaux, l'ampleur et la simplicité des installations, faites pour 5 000 *ch* et prévues pour 30 000, la rapidité et le succès des travaux, achevés en moins d'un an, font le plus grand honneur à M. Anthelme Boucher.

La visite du chemin de fer électrique d'Aigle à Leyzin nous a transportés au centre de ces somptueux sanatoria rangés à la lisière des sapins, au sommet des prairies, devant un panorama splendide. Un gracieux accueil nous a permis d'y prendre une idée rapide de cette nouvelle industrie, si salutaire à notre humanité surmenée.

Que vous dire, Messieurs, de la grandiose conception de M. Barraud, directeur des services industriels de la municipalité de Lausanne, conception qui commence au Barrage du Bois-noir, sur le Rhône, se continue dans l'installation génératrice de Saint-Maurice, où les puissants moteurs de M. Thury sont si bien asservis, et se termine, au bout d'un transport de 56 *km*, à Pierre-Plan, au véritable centre nerveux de la ville de Lausanne? Dans cette merveilleuse usine, où la clarté pénètre jusque dans le moindre sous-sol, où toutes les dispositions sont prises pour atténuer la main-d'œuvre, où sont groupés les services de traction, de force et de lumière de toute cette grande ville qui vient de doubler en vingt-cinq ans, rien n'est livré au hasard, tous les organes sont prêts à se suppléer les uns les autres sans le moindre arrêt ; la vapeur elle-même est parée pour intervenir comme secours en une demi-heure. L'usine était d'autant plus intéressante pour nous qu'elle était toute équipée en vue des essais officiels qui ont eu lieu avec un plein succès depuis notre passage.

Notre visite aux installations bien connues de Genève a été rendue plus instructive encore par la présence et le bon accueil de tout le haut personnel technique de la Municipalité. C'est elle qui a été le couronnement de notre leçon de choses.

Mais cette leçon de choses, encadrée dans les plus beaux sites des Alpes et les excursions les plus pittoresques, si elle a contribué au succès du Congrès, n'en était cependant pas le seul, pas même le principal attrait.

Toutes les questions techniques et économiques intéressant l'énergie hydraulique et ses utilisations devaient être discutées après avoir été exposées par les savants, les professeurs, les ingénieurs les plus compétents qui avaient bien voulu trouver, au milieu de leurs travaux, le temps de devenir nos auxiliaires.

La section technique a tenu cinq séances qui ont été présidées par M. Harlé, président de l'Association Internationale des électriciens et par M. Cornuault, président du Syndicat de l'Industrie du gaz. Ces messieurs font tous deux partie du Comité de votre Société, leur présence ici m'interdit de vous dire quel lustre leur direction a donné à nos débats. Cependant, je ne puis pas ne pas remercier M. Cornuault des paroles particulièrement bienveillantes qu'il a adressées au Congrès, où il était chargé par votre Président de représenter la Société.

La génération et la captation des forces hydrauliques devaient tenir la première place dans les travaux de cette section, et tout d'abord les conditions climatériques et géologiques de la précipitation, de l'accumulation et de l'écoulement des eaux atmosphériques devaient être analysées par M. Wilhelm, Ingénieur des Ponts et Chaussées, à Gap, que ses études et sa compétence avaient éminemment préparé à cette tâche. Une grave maladie l'a empêché d'achever son travail et a privé le Congrès de sa présence ; puisse une prompte guérison nous permettre d'insérer, au moins au compte rendu enfin achevé, l'exposé qu'il eût été si intéressant d'entendre de sa bouche.

C'était pour ainsi dire la genèse de notre énergie que M. Wilhelm devait écrire devant le Congrès, en dépeignant l'œuvre de la nature, mais cette œuvre une fois accomplie, une fois le potentiel établi, l'homme qui veut en tirer parti doit commencer par prospecter la richesse naturelle qui se présente à lui, en inventorier les ressources, en analyser les vicissitudes saisonnières. En France, les forces hydrauliques sont fort mal connues; les évaluations d'ensemble varient du simple au double ; et cependant, que d'éléments précis pourraient déjà être réunis. En Suisse, le département fédéral des Travaux Publics publie, au fur et à mesure de leur obtention, les résultats d'une vaste enquête qu'il

a ouverte et dirige, et qui aboutira à un véritable cadastre des chutes d'eau.

Jalonner les grandes lignes et les bases de notre inventaire, unifier les notations et les méthodes, définir les postes à poser, les procédés d'estimation à adopter, les éléments à faire ressortir, faire dire, en un mot, quelque chose d'utile à la statistique, telle est la tâche, peut-être ingrate en apparence, mais intéressante au plus haut degré pour l'avenir de l'industrie hydraulique, telle est la tâche que M. R. de La Brosse, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, a assumée; il a su lui donner un intérêt inattendu.

M. R. Tavernier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, chargé d'une mission officielle semblable à celle de M. de La Brosse, a appelé l'attention sur les débits les plus importants à considérer; chacun peut avoir son importance spéciale pour l'emploi de la force motrice, par exemple le minimum minimorum ou celui des dix jours consécutifs les plus bas d'une année moyenne, ou le débit d'étiage maximum, soit la moyenne des six mois les plus faibles de l'année.

M. Tavernier propose entre autres l'emploi de méthodes graphiques nouvelles pour déterminer ces étiages et il à établi des comparaisons fort instructives entre les débits du haut Rhône, à Saint-Maurice du Valais, et ceux de la Durance, à Briançon, à Sisteron et près d'Avignon.

Les communications, et les discussions qui les ont suivies, et auxquelles ont principalement pris part MM. Boucherot et Loucheur, ont abouti à l'adoption par la section d'un vœu que son importance m'oblige à vous citer textuellement:

Que les Industriels, Propriétaires ou Exploitants d'usines hydrauliques veuillent bien organiser l'étude hydrologique des cours d'eau qu'ils utilisent; qu'ils adoptent des notations uniformes, *conformément au programme qui leur sera transmis par les soins du Syndicat, et* précisent *les conditions dans lesquelles ils auront à opérer les jaugeages pour en faciliter la comparaison;*

Qu'à la fin de chaque année ils en transmettent les résultats au Syndicat des Propriétaires et Industriels possédant ou exploitant des forces motrices hydrauliques, chargé de centraliser ces renseignements;

Que l'Administration veuille bien, ainsi que cela a déjà été fait en certains pays étrangers :

Affecter à l'étude des forces hydrauliques des crédits suffisants;

Donner à MM. les Ingénieurs des Ponts et Chaussées des instructions pour qu'ils veuillent bien prêter leur concours aux Industriels désireux d'étudier les cours d'eau qui les intéressent;

Faire poser le long des principaux cours d'eau des repères d'altitude rattachés au nivellement général de la France;

Publier le résultat de ces études.

Ainsi se trouve terminée la prospection préalable de notre richesse ; l'eau dans sa pente se présente à nous avec l'intermittence naturelle due aux saisons ; elle s'écoule enfin constamment sans pouvoir se régler d'après nos besoins. Quel avantage si l'homme pouvait régulariser l'œuvre périodique de la nature et emmagasiner à son gré ce potentiel dans un récipient d'où il le retirerait seulement à l'heure où il peut devenir utile ! Ce problème capital, c'est M. A. Crolard, Ingénieur des Arts et Manufactures, directeur de la papeterie de Cran, qui en a cherché devant le Congrès la solution dans l'étude des lacs et des réservoirs artificiels.

Le meilleur exemple à citer était le lac d'Annecy que le Congrès venait de parcourir d'un bout à l'autre dans une splendide promenade, et dont les premiers travaux de régularisation sont dus aux débuts de M. Sadi Carnot dans sa carrière d'Ingénieur. Quelques vannes peu coûteuses ont permis du même coup d'assainir la Venise savoisienne et toutes les localités riveraines du lac, d'améliorer la navigation, enfin de maintenir, par une tranche disponible de 0,55 *m* sur les 27 km^2 du lac, un écoulement minimum de 5 m^3 par seconde dans le Thiou. Le Thiou, émissaire du lac, met en mouvement de nombreuses usines à Annecy et en aval jusqu'à son confluent dans le Fier. Mais M. Crolard ne s'est pas contenté de nous faire saisir cet exemple frappant, où son intervention personnelle avait réalisé de si remarquables améliorations : il a en outre réuni, pour nous la présenter, une collection complète d'études sur tous les lacs régularisés, depuis le lac Léman jusqu'au projet de la Girotte et au lac Crozet, depuis le réservoir compensateur de Jonage jusqu'au lac de Chalain. Il a eu la patience de résumer toutes ces études dans des graphiques à la même échelle, dont les murs de la spacieuse salle de la Mairie d'Annecy étaient couverts comme de la plus précieuse des tapisseries. Il nous a enfin laissé, en terminant, sous l'impression d'une idée neuve, en baptisant du nom de houille bleue la houille blanche mieux asservie à l'homme par sa régularisation dans les lacs.

Abordant le premier l'étude des travaux hydrauliques, M. Dumas, Ingénieur des Arts et Manufactures, Rédacteur en chef du *Génie Civil*, traita la question des barrages de dérivation. Après avoir fait ressortir que la captation des eaux par barrage transversal du lit à une certaine hauteur procurait déjà une partie des avantages qu'on recherche dans la régularisation de l'écoulement des eaux par les lacs ou les réservoirs, M. Dumas passa en revue les divers modes de construction des barrages, en faisant de nombreuses projections, enfin il résuma les théories actuelles sur la stabilité de ces ouvrages et termina par des indications pratiques sur leur construction et sur les essais les plus récents.

A cet exposé, dû au talent du publiciste technique si goûté de tous ceux qui m'écoutent, le Congrès a reconnu l'auteur des grands travaux projetés sur le Drac.

M. Drouhin, directeur général de la Société Électro-Chimique de la Romanche, avait recueilli tout un ensemble de renseignements d'ordre essentiellement raisonné et pratique sur les barrages au torrent, les prises d'eau, les chambres de décantation, les conduites en tunnel, les biefs à flanc de coteau, les chambres d'eau et les conduites forcées.

Il appartenait à M. Boucher, Ingénieur à Lausanne, au créateur de Vouvry, de compléter et de résumer pour le Congrès les données actuelles de l'hydraulique industrielle.

Les condensations occultes, les glaces flottantes et de fond, la décantation des sables et graviers sont les seuls points qu'il ait eu le temps de traiter à Chamonix, et encore bien brièvement, parce qu'avec sa courtoisie d'organisateur du Congrès, il a occupé le dernier la tribune, après avoir cédé son tour de parole aux autres orateurs. Le compte rendu, heureusement, suppléera à ce dont la modestie de M. Boucher nous a privés.

M. Ribourt, professeur à l'École Centrale, a complété ce bel ensemble en donnant au Congrès la primeur d'une disposition nouvelle qu'il a combinée en vue d'assurer la constance d'allure des turbines, l'affranchissant des oscillations du pendule centrifuge, et obtenant une sensibilité meilleure. Ce problème du régulateur, si abstrait, si essentiel à certaines usines hydrauliques, a été posé et résolu par lui avec une élégance, une clarté, une précise rigueur en même temps qui permettront au personnel courant des usines de l'aborder désormais graphiquement

et d'en envisager de suite les détails et la portée. L'intervention de M. Ribourt a été, pour le Président du Congrès, l'occasion de saluer l'École Centrale, de rendre hommage aux services qu'elle a rendus à l'industrie du pays et à notre influence extérieure, et de faire entrevoir ce que peut à bon droit en attendre l'industrie nouvelle des chutes d'eau.

Les discussions ouvertes sur ces communications ont provoqué d'intéressantes observations de MM. Sloan, Singrun, Laprade et Forgue et l'adoption d'une série de vœux que je résume :

Entente avec la Société de protection des sites pittoresques pour concilier les charmes de l'esthétique avec les nécessités industrielles ;

Création d'une station d'essais de turbines;

Unification des méthodes et notations de mesure du rendement ; création, au besoin par l'intermédiaire des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, d'une Association de propriétaires d'appareils hydrauliques ;

Demande du concours des agents administratifs locaux.

Il importait qu'après un tel exposé de la question hydraulique, les actualités des installations électriques fussent dignement traitées.

M. Picou, Ingénieur des Arts et Manufactures, professeur à l'École des Ponts et Chaussées, a mis en lumière les règles qu'on doit suivre, dans la création d'une usine hydro-électrique, pour concilier les meilleures conditions techniques avec la plus grande économie ; cette économie doit être cherchée, il l'a bien montré, non pas sur le prix du kilowatt de puissance installée, mais sur le prix du kilowatt-heure d'énergie électrique. Pas de tours de force, pas de luxe, des tableaux de service, tels sont quelques-uns des excellents conseils que l'autorité de M. Picou a su, avec autant de science que de sagesse, faire pénétrer dans l'esprit de ses auditeurs.

Après lui, de quel sujet plus intéressant et plus actuel M. Thury pouvait-il nous entretenir, sinon du transport de force de Saint-Maurice à Lausanne par courant continu à intensité constante, et des essais tout récents dont il nous a offert la primeur. Essais d'isolement d'abord, prouvant que sur une ligne en état normal, telle qu'elle est en pratique journalière, la perte totale sous 20 000 volts continus est à peine de 1 0/00 ; ensuite, essai de retour par la terre d'un courant de 150 ampères sur 56 *km* de dis-

tance ; si la résistance de la terre est nulle ou à peu près, comme il semble resulter de cette expérience, si les terres sont prises convenablement pour éviter les courants vagabonds, cet essai historique aura été le premier pas vers une solution simple, doublant avec le même poids de cuivre la distance de transport à perte égale, et permettant l'emploi d'un seul fil, solution idéale capable à elle seule de bouleverser les données actuelles sur le transport électrique de la force.

M. Hospitalier, Ingénieur des Arts et Manufactures, professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielle de la Ville de Paris, a décrit et fait fonctionner devant le Congrès son ondographe, appareil industriel particulièrement utile à ceux qui étudient ou construisent des courants ou des machines alternatifs.

Enfin, M. Blondel, Ingénieur des Ponts et Chaussées, a voulu donner à notre entreprise une marque de sympathie en nous adressant une note inédite sur le calcul rapide des conducteurs aériens au moyen d'une abaque. Son ingénieuse méthode a été analysée pour être présentée au Congrès par M. Cyrille Guilbert. Elle permet, sans introduire dans ces calculs de formule nouvelle, de tenir compte de la présence du verglas sur les fils et de l'effort du vent, par la considération d'un poids spécifique fictif, et d'obtenir ainsi une abaque donnant la tension et la flèche pour toute surcharge.

Notre richesse, bien prospectée, est captée maintenant, elle est même monnayée en watts. Quel marché va s'ouvrir devant elle?

MM. Boissonnas, Gall, Godinet et Petit l'ont dit au Congrès.

Le transport électrique de la force, dont M. Thury avait montré un exemple si actuel, a été synthétisé par M. Boissonnas, directeur de la Société franco-suisse pour l'Industrie électrique. En termes limpides, nourris seulement de quelques chiffres, ceux qui sont utiles, M. Boissonnas a étudié le cas d'un transport sous 40000 volts à 200 *km*, limite que, d'après lui, on ne peut pas dépasser en général si on a à soutenir la concurrence des moteurs thermiques ; le courant continu et le courant alternatif présentent, dit-il, chacun leurs avantages propres, et seules des conditions spéciales feront donner la préférence dans chaque cas. La concurrence des moteurs thermiques est loin d'être négligeable pour l'énergie hydraulique toujours coûteuse à capter et délicate à transporter.

M. Boissonnas a convié les membres du Congrès à assister à des essais d'isolateurs sous 70 000 volts, ces essais, ingénieusement organisés, ont présenté un vif intérêt par leurs effets électriques et lumineux. Il a fourni aussi le courant qui était nécessaire pour alimenter le puissant projecteur Sautter Harlé que M. le Ministre de la guerre avait bien voulu mettre à notre disposition, et qui a illuminé pendant les soirées du Congrès les montagnes environnant Grenoble.

M. Gall, administrateur délégué de la Société d'Électro-Chimie, a résumé les données de la fabrication électro-chimique des chlorates, de la soude caustique, du chlore (hypochlorite de chaux, tétrachlorure de carbone) et de l'électro-métallurgie de l'acier, de l'aluminium, des fontes réactives. Admirablement renseigné pour fixer l'histoire actuelle de l'électro-chimie et de l'électro-métallurgie, M. Gall n'a pas manqué de parler aussi de leurs espérances.

L'éclairage a été traité par M. Godinet, Président du Conseil d'adminisiration de la Société grenobloise de Force et Lumière. Cherchant quelle avait été la rémunération et faisant l'historique des entreprises gazières au point de vue financier, il a conseillé de mettre à profit les leçons de l'expérience du passé dans la gestion des affaires d'éclairage électrique. Si l'on considère dans leur ensemble et d'une façon générale les entreprises d'électricité, on est frappé des conditions peu avantageuses dans lesquelles elles se trouvent pour la rémunération de leurs capitaux. Il faut cependant s'attendre pour elles aux mécomptes qu'a subis, à ses débuts, l'industrie du gaz. La période extrêmement féconde qui avait, pour les entreprises gazières, suivi les débuts semble close aujourd'hui, et ces affaires sont redevenues à peine viables par suite des exigences des cahiers des charges lors des renouvellements de concession. M. Godinet a conclu en demandant au législateur des lois libérales, encourageant une industrie difficile et ne l'écrasant pas avant son éclosion.

Il semble presque impossible de vous résumer la communication si serrée de M. Petit, Ingénieur-Directeur de l'Omnium Lyonnais, sur la traction électrique ; il a envisagé successivement les tramways urbains avec leurs divers types de prise de courant : les petites voies ferrées, pouvant déjà mieux employer le courant alternatif ; les lignes métropolitaines avec leurs exigences spéciales ; enfin les grandes lignes à grande vitesse. M. Petit a donné en particulier d'intéressants détails sur les lignes de la

Valteline et sur les essais récents d'Allemagne à 160 *km* avec courants polyphasés. Il a enfin signalé les essais actuels de traction tangentielle et les applications de la traction électrique aux bateaux sur les rivières et canaux. Après des comparaisons entre les prix de l'énergie thermique et hydraulique, M. Petit a montré quel vaste débouché la traction électrique semble offrir aux usines hydrauliques, surtout depuis que l'État n'oblige plus les concessionnaires à produire eux-mêmes leur force motrice.

Telle est l'esquisse des débouchés de l'énergie naturelle.

Suffisent-ils à faire entrevoir une activité certaine à cet agent, à assurer même un travail convenable aux industries existantes? Les visiteurs du Congrès, la presse périodique qui l'a suivi, la presse technique elle-même par l'organe notamment de M. Hospitalier, ont montré sur ce point quelque scepticisme.

La jeune et hardie industrie hydraulique pourrait-elle manquer de chevaux, alors que toutes les vieilles et solides industries se trouvent dans une crise de chômage plus ou moins apparent. Au banquet de Grenoble, M. P. de Rousiers a montré avec beaucoup de discernement, de finesse et de distinction quelle pouvait être la rivalité entre ces deux sœurs qui sont la houille ancienne et nouvelle, quels pouvaient être leurs contacts et leur mutuel appui. Avant lui, M. Philippe, Directeur de l'Hydraulique au Ministère de l'Agriculture, qui a honoré le Congrès de sa bienveillante attention, venait de boire avec une spirituelle courtoisie aux emplois de notre énergie.

Quelles que soient les difficultés de l'heure présente, il suffit aux adeptes de l'énergie nouvelle, pour reprendre leur confiance dans l'avenir, de jeter un regard sur le passé et de se rappeler ce qui se faisait il y a dix ans seulement.

Pour en finir avec les travaux de la section technique du Congrès il ne me reste plus qu'à analyser les vœux qui sont issus de ses discussions, les voici, outre ceux que j'ai déjà résumés ou cités :

Observation rigoureuse des arrêtés d'élagage ;

Tarification comme lignes de signaux des lignes téléphoniques annexées aux canalisations de transport d'énergie ;

Préférence aux constructeurs français pour les fournitures de matériel ;

Amélioration des tarifs de transport des produits chimiques ou métallurgiques de l'industrie hydro-électrique et assimilations libérales de ces produits aux anciens produits chimiques.

*
* *

Voici notre richesse prospectée, captée, monnayée, échangée. Il est grand temps de nous demander à qui elle appartenait: c'est ce que devait étudier la section économique du Congrès.

Les droits sur l'usage des eaux résultent dans nos lois actuelles du Code civil de 1804 et de la loi du 8 avril 1898 d'où le législateur, pour en finir avec cette partie du Code rural, a élagué tous les articles qui devaient traiter des eaux utiles, c'est-à-dire des usages industriels de l'eau. De sorte que nous vivons sous un régime qui a été établi sans aucun égard pour les besoins si nouveaux qui se sont fait jour depuis ces dernières années.

Aussi n'est-il pas surprenant que d'excellents esprits aient étudié, dans des sens divers, les modifications qu'il serait désirable d'introduire dans nos lois, pour les faire correspondre aux faits et aux nécessités du jour. Et d'autres ont pensé que la loi actuelle, telle qu'elle est, ayant permis la création de puissantes, plutôt trop puissantes installations, il n'y a pas urgence à légiférer et qu'on risquait de légiférer prématurément sur un sujet qui vient d'évoluer avec une foudroyante promptitude.

C'est l'examen de ces idées qui a fait le principal sujet des quatre séances tenues par la section économique du Congrès sous la présidence de M. Meyer ancien député, vice-président honoraire du Tribunal civil de la Seine.

Dans son exposé général de la question, M. Hanotaux avait recommandé surtout de ne pas légiférer avec trop de hâte et de chercher la conciliation des intérêts en présence dans une nouvelle juridiction inspirée de celle des prud'hommes.

M. Bravet, Ingénieur des Arts et Manufactures, a exprimé la pensée d'associer les habitants des régions de montagne, souvent déshéritées par la nature et génératrices des eaux utiles, avec ceux des plaines qui bénéficient des eaux du même bassin; cette association faciliterait les reboisements et les irrigations; elle pourrait être organisée comme celles qui fonctionnent encore paraît-il, dans les Pyrénées suivant les usages des Sarrazins.

M. Brillouin, Ingénieur, administrateur de plusieurs Sociétés hydro-électriques, désirerait qu'on réservât l'intervention de l'État dans l'usage des eaux non navigables ni flottables à celles de ces eaux sur le cours desquelles la collectivité aurait exécuté

et payé des travaux ayant pour effet de régulariser le débit au bénéfice des utilisations d'aval. Il a demandé que les Préfets, en attendant la nouvelle législation, ne statuent que sur les projets de dérivation correspondant à des besoins actuels et bien définis et non à des facultés à mettre en portefeuille. Enfin il a exprimé le vœu que les propriétaires, réunis en certain nombre, puissent opposer un veto aux demandes de licitation ou de concession.

M. Primat, Ingénieur des Mines à Grenoble, a exposé un ingénieux système qui serait assis sur la déclaration publique et annuelle, faite par les intéressés, de la valeur qu'ils attribuent à leur droit de riveraineté. Cette valeur déclarée serait soumise à un impôt comme la propriété bâtie, et exposée à un droit de préemption par des enchères annuelles, avec minimum de surenchère de 25 0/0. Ce système a ouvert à son auteur des aperçus originaux et intéressants sur l'assiette de l'impôt et sur la théorie économique de la valeur. Il offrirait de grandes facilités pour la concentration des droits.

L'eau a joué dans le passé, elle pourra encore jouer dans l'avenir un rôle capital pour l'hygiène des villes et pour la fertilité du sol. Les vestiges des civilisations romaine, persane et indienne montrent combien certaines contrées autrefois si prospères, sont devenues stériles et désertes pour avoir négligé et abandonné les travaux qui leur procuraient l'eau.

Dans la civilisation de l'avenir l'eau peut remplir une tout autre fonction, dont les anciens n'ont pas su profiter : l'énergie qu'elle gaspille en masse dans les montagnes, peut être captée et utilisée. Et en utilisant cette énergie, on n'enlèvera à l'eau aucune de ces autres utilités dont les anciens ont su mieux que nous tirer parti : les tuyaux et les turbines ne dénaturent pas l'eau, ils ne la consomment pas, ils la rendent aussi abondante et aussi pure qu'ils l'ont prise. L'hygiène, l'agriculture de l'avenir peuvent avoir de grands besoins d'eau : aucun ne sera compromis parce qu'on aurait au préalable capté l'énergie des torrents.

Comme la France possède de grandes ressources hydrauliques encore inexploitées et qu'elle est réduite à importer presque le tiers de sa consommation de combustibles minéraux, on aperçoit de suite l'intérêt d'avenir capital qui s'attache, pour notre situation économique à la bonne utilisation des eaux.

Aussi la section compétente du Congrès a-t-elle reçu le nom de section économique. Elle avait à traiter d'abord de graves

questions juridiques pour asseoir correctement le nouveau régime sur les principes premiers du droit; et il y avait nécessité de le faire, car on ne peut méconnaître l'importance qu'ont actuellement chez nous les situations acquises sur la foi du code, tant comme usines installées que comme groupement de droits; mais ces questions semblaient dominées elles-mêmes par la question d'avenir économique.

C'est M. Pillet, professeur à la Faculté de Droit de Paris qui a étudié l'assiette actuelle du droit d'usage des eaux.

L'eau, la pente de l'eau, sont *res nullius* et leur usage doit être commun à tous, et réglé par des lois de police; première question de droit pur, sur laquelle M. Pillet nous a d'abord avertis des confusions qu'on pouvait commettre, faute d'investigations précises, sur certains termes juridiques. L'eau, par sa nature, n'est pas susceptible d'appropriation, mais par sa nature aussi elle ne peut être utilisée que par ceux qu'elle vient toucher, par ceux qui la bordent et qui du reste sont les seuls à souffrir des inconvénients de son voisinage. Le Code civil, art. 644, donne aux riverains droit d'user de l'eau et la jurisprudence a étendu ce droit à tous les usages même industriels. Ce n'est pas une simple tolérance, c'est un droit réel non sujet à la prescription extinctive, qu'on peut aliéner, exercer sur le fonds d'autrui, qui n'a d'autre limite que de ne nuire ni à l'hygiène ou à la sécurité publique, ni à l'exercice des droits successifs des autres propriétaires riverains. La captation de la force motrice figure à titre incontestable parmi les avantages que les riverains peuvent emprunter au cours d'eau, à charge seulement de ne pas se nuire les uns aux autres. M. Pillet va jusqu'à se demander, au cas où, par impossible, une loi nouvelle viendrait à attribuer la propriété de l'eau aux riverains, si ces riverains y trouveraient quelque droit nouveau, quelque avantage qui ne fût pas déjà rattaché au simple droit d'usage qu'ils ont actuellement.

Mais l'énergie hydraulique n'est-elle pas une richesse nouvelle, un bien sans maître? Si la puissance publique avait à intervenir pour concentrer les droits morcelés des riverains, la richesse nouvelle ainsi créée étant supérieure à l'ensemble des petites valeurs qui la constituent, l'État qui aurait contribué à créer cette richesse nouvelle n'aurait-il pas le droit d'en disposer? M. Pillet, sur cette seconde question, a fait remarquer que ce qui est nouveau ce n'est pas le moyen de capter la force hydraulique par des turbines, ce qui est nouveau ce sont les utilisations de

cette force, ce sont les débouchés nouveaux qui sont venus s'offrir à l'énergie, à l'énergie hydraulique comme à l'énergie thermique.

Ce bien n'est pas sans maître : lorsqu'une même personne possède les deux rives d'un cours d'eau, lorsque plusieurs riverains voisins s'entendent pour exercer leurs droits contigus, la loi accorde incontestablement à cette personne unique, et la jurisprudence reconnait à ce groupe de riverains le droit exclusif d'utiliser l'eau et par conséquent l'énergie due à la chute de l'eau dans leurs propriétés. Comment dès lors admettre que plusieurs riverains dissidents ne possèdent pas ce même droit : le fait d'être en concordance ou en dissidence sur l'exercice d'un droit ne saurait avoir aucune influence sur l'existence même de ce droit. Et si le cours d'eau est sans aucun doute au seul usage des riverains pour leurs besoins domestiques ou agricoles, comment passerait-il à la seule disposition de l'État pour les usages ou pour certains des usages industriels dont il est susceptible. Qu'importe pour l'exercice d'un droit la grandeur ou la nature de l'emploi qu'on en veut faire?

Enfin, pour créer une chute d'eau, il ne suffit pas de concentrer les droits des riverains il faut encore exposer des capitaux considérables dont la rémunération n'est rien moins que certaine. Celui qui créera cette richesse, c'est surtout celui qui viendra y consacrer son travail et son argent.

Le droit des riverains est donc écrit dans nos lois. Il a été consacré et reconnu à maintes reprises dans les discussions parlementaires qui ont précédé au Sénat et à la Chambre le vote de la loi de 1898 sur le régime des eaux. Et nous avons vu les partisans eux-mêmes des solutions les plus étatistes, convenir que l'intervention administrative ne devait pas s'exercer vis-à-vis d'un usinier qui se trouverait riverain complet.

Le Congrès a pris sur ce sujet le vœu suivant, dont les motifs aussi bien que la conclusion méritent de vous être cités :

Considérant que, en l'état, les droits effectifs des propriétaires riverains résultant de l'article 644 du Code civil, ont permis, par le libre jeu de l'initiative industrielle de parvenir à la création de forces hydrauliques considérables, assurant des distributions importantes et étendues,

Émet le vœu que la faculté d'user des cours d'eau dans les conditions de l'article 644 du Code civil soit conservée aux propriétaires riverains quelle que soit l'importance de la chute.

Mais lorsque ces droits des riverains ne sont pas réunis sous le même titulaire, lorsque leurs détenteurs par incapacité ou par spéculation ne peuvent pas ou ne veulent pas s'entendre, il ne faut pas que l'utilisation d'ensemble risque d'être compromise ou stérilisée. Il faut donc trouver un moyen de concentrer des droits morcelés. Et il faudra encore aller plus loin : il faut reconnaître à l'usager industriel des eaux la servitude d'aqueduc dont l'usager agricole bénéficie déjà. Les auteurs des divers systèmes discutés ont tous satisfait ce dernier desideratum en s'inspirant des dispositions des lois sur les mines ou sur les irrigations. En Italie ce droit d'aqueduc pour l'usage industriel est reconuu par l'article 598 du Code albertin, et cette faculté a été pour beaucoup dans les remarquables progrès de l'utilisation des eaux dans ce pays. Le Congrès a émis le vœu que la servitude d'aqueduc établie pour les irrigations fût étendue aux dérivations industrielles.

Pour concentrer les droits des riverains, MM. Hauriou, professeur à la Faculté de Droit de Toulouse, et Ader, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Narbonne, proposent de les admettre à se constituer en syndicats, comme pour l'irrigation, avec majorité obligeant la minorité, et faculté de vendre ou de louer leurs droits. Ces messieurs insistent sur la nécessité d'innover le moins possible dans le régime légal actuel des eaux et de n'accorder à l'État le droit de concéder la création d'une chute d'eau, que dans les seuls cas où l'usinier devrait transporter son énergie au loin et en faire une distribution publique et collective. La concession serait unique alors pour les deux entreprises. et elle serait temporaire et astreinte à un cahier des charges comme les concessions de travaux publics, ce qui peut s'admettre puisqu'il y aurait véritablement exécution d'un service public. Dans tous les cas, l'Administration aurait le droit de réquisitionner, contre remboursement proportionnel des frais d'installation, un cinquième de la force captée pour l'affecter aux services publics. Ou avait reproché à l'Association syndicale d'être une machine trop lourde pour un fonctionnement industriel. Mais M. Ader a expliqué que les syndicats n'auront qu'à grouper les droits nécessaires et à les transmettre à l'usinier qui pourra les exercer. D'autres ont fait remarquer que la tutelle que l'État exerce sur les syndicats, comme sur tous les établissements publics, ouvrira la porte à l'ingérence et à l'arbitraire de l'Administration.

Ce système tend au même but général que celui que nous allons examiner il échappe à quelques-unes des objections qui vont être soulevées.

Au lieu de réunir les riverains en syndicat, M. L. Michoud. professeur à la Faculté de Droit de Grenoble, propose de les considérer comme étant dans l'indivision le long du parcours où l'eau doit être dérivée, et de faire cesser cette indivision par une licitation judiciaire réglée à peu près comme celle qui régit les étangs de la Dombes. Il a emprunté cette idée de l'indivision au texte d'un projet de loi adopté par la Commission de la Chambre en 1888, sur le rapport de M. Maunoury (1).

Première objection : l'indivision n'existe pas dit-on, entre les coriverains le long d'une chute d'eau, puisqu'ils sont possesseurs de droits successifs et distincts.

Mais M. Michoud montre, en suivant pas à pas Demolombe, combien la situation des coriverains est analogue à celle des communistes indivis à laquelle l'article 815 C. C. a voulu remédier : l'objet qu'ils possèdent en commun n'atteindra toute la valeur économique dont il est susceptible qûe lorsque toutes les parts auront été réunies dans la même main ; cet objet, la chute d'eau, existe par lui-même ; il est, de sa nature, indivisible ; bien plus, les droits distincts qu'il faut grouper pour l'utiliser ne sont pas nés d'une convention ou d'une succession : ils résultent d'un fait naturel et fatal, la disposition des lieux.

Deuxième objection : mais si la loi permettait aux riverains de sortir de cette situation, elle conférerait à la riveraineté de chacun une plus-value qui ne leur appartient pas, cadeau que rien ne justifie.

Le groupement des droits ne change ni leur intensité, ni leur mode d'exercice ; chacun d'eux, pris isolément, contient en lui-même la faculté de se grouper aux voisins et d'acquérir ainsi par lui-même cette plus-value.

Lorsqu'une indivision quelconque est licitée, la plus-value qui en résulte se partage bien entre les anciens communistes ; l'État ne vient pas la leur réclamer. Parfois, la loi autorise les propriétaires, elle les oblige même, dans certains cas, à se grouper pour réaliser des améliorations d'ensemble qui profiteront lar-

(1) Ce texte est resté en dehors de la loi votée en 1898, mais uniquement parce que la Chambre avait voulu, en fin de législature, ne pas retarder davantage l'adoption du Code rural sur le régime des eaux, à l'étude depuis un demi-siècle ; dans ce but, on se résigna à éviter tout ce qui aurait pu entraîner le renvoi du texte devant le Sénat.

gement à chacun; l'État, non seulement ne réclame pas à ces propriétaires syndiqués la plus-value qu'ils doivent ainsi à l'intervention de la loi, mais même il a pour tradition de subventionner les travaux des syndicats par des allocations budgétaires qui dégagent d'autant, pour chacun des propriétaires, la charge des dépenses qui doivent leur procurer à eux seuls ces plus-values.

Troisième objection : la licitation est lente et coûteuse, la valeur des chutes d'eau sera absorbée par la « hideuse procédure » ; les petits riverains ne pourront pas se défendre : on les surprendra dans un moment défavorable, et ils seront hors d'état de surenchérir parce que ce serait s'engager à établir la chute d'eau et qu'ils n'en ont pas les moyens.

Les petits riverains, répond M. Michoud, auront toujours la ressource de provoquer une concurrence et, si cette concurrence manquait, le mécanisme proposé (analogue à celui de la Dombes) leur assure d'autres garanties : la mise à prix de l'adjudication est fixée par le Tribunal sur un rapport d'experts qui peut être discuté contradictoirement ; cette mise à prix ne pouvant pas être abaissée, les riverains seront bien certains de ne pas être indemnisés par une valeur moindre que celle qu'ils auront été admis, au préalable, à discuter. Quant aux frais, M. Michoud propose de les réduire comme on l'a fait pour la Dombes, en remplaçant par des publications les notifications individuelles. Et M. Guillain ayant reproché que cette simplification supprimerait les seules garanties des faibles et des ignorants, M. Michoud a répondu que la procédure proposée n'était autre, en somme, que celle établie par la loi du 3 mai 1841 pour l'expropriation d'utilité publique, dont les garanties sont éprouvées et paraissent suffisantes. M. Michoud a ajouté encore que jamais une procédure préalable d'institution de concession administrative n'arriverait à donner aux riverains d'aussi sérieuses garanties.

Quatrième objection : sur quel parcours de la rivière se fera la licitation? M. Michoud fait fixer l'étendue de l'indivision à liciter par le demandeur en licitation lui-même, c'est-à-dire par celui qui a l'intention d'utiliser la chute ; une enquête est ouverte sur la demande ; s'il en survient d'autres s'appliquant à une étendue de dérivation différente, l'Administration est consultée et le Tribunal décide. C'est par cette décision que M. Guillain et

Colson ont vivement reproché à M. Michoud de faire sortir le pouvoir judiciaire de ses attributions qui sont de dire le droit. A quoi M. Michoud a répondu que son système n'était que le développement naturel de la mission déjà donnée aux Tribunaux par l'article 645 du Code civil, et que si ce sectionnement des cours d'eau était dévolu à l'arbitraire de l'Administration, il risquerait d'être faussé par les influences que celle-ci peut subir ; la nature a du reste écrit sur le terrain ce sectionnement, en établissant la pente des eaux en général suivant une série de paliers séparés par des chutes ; l'homme doit prendre ce sectionnement tel qu'il est, en choisissant seulement telle chute ou tel groupement de chutes qui répondra à ses besoins. Il n'en est pas de même pour un gîte minéral toujours très mal connu avant d'avoir été mis en exploitation ; sa concession doit forcément être entourée d'un périmètre plus ou moins arbitraire.

Pour couper court à l'arbitraire de part ou d'autre, la loi pourrait en tous cas rendre la solution automatique, pour ainsi dire, en stipulant que la chute la plus importante devrait être préférée.

Cette difficulté du sectionnement du cours d'eau n'est pas spéciale au système de M. Michoud : on la rencontrera de même dans le régime des syndicats, dans le régime de la concession. On ne licitera, on ne syndiquera, ou on ne concédera que les chutes d'eau qui auront attiré un preneur, un industriel disposé à les utiliser. Si, en concurrence avec ce premier amateur, d'autres se présentent pour utiliser une chute plus forte englobant la première ou une chute moins forte englobée par elle, n'est-ce pas là un simple conflit d'intérêts entre industriels peut être concurrents, et l'Administration, sollicitée par plusieurs demandeurs, sera-t-elle bien compétente pour dire le droit dans ce conflit ?

Mais, dira-t-on, les intérêts généraux peuvent être mis en jeu dans ce conflit, et c'est l'Administration qui en est l'organe et le défenseur. Aussi M. Michoud admet-il que l'Administration sera toujours consultée sur les demandes, et qu'elle pourra, sous certaines conditions, opposer son veto à leur admission. Si elle se borne à émettre un conseil, le tribunal en fera son profit et sera compétent pour concilier, comme il l'est déjà, par exemple, en vertu de l'article 645, pour concilier les intérêts de l'agriculture avec le respect dû à la propriété.

Nouvelle objection, plus impressionnante : quand une chute aura été établie, si un nouvel amateur se présente pour utiliser

la pente du même cours d'eau sur une plus grande étendue, englobant la première chute créée, il pourra, n'importe quand, provoquer une surlicitation de ce nouveau groupe. On n'aura donc jamais rien fait de définitif, et cette éventualité de surlicitation c'est la précarité, l'instabilité de l'industrie.

On peut répondre encore que cette difficulté n'est pas spéciale au système de la licitation, elle se présentera également dans tous les autres systèmes, tous auront à réserver la place des évolutions de l'avenir. Il faut pour cela de la souplesse, sans instabilité. Le système de la licitation est assurément souple, l'est-il au prix de la stabilité? La licitation a deux sanctions : obligation d'installer à bref délai la chute licitée ; obligation de rendre en nature aux usagers l'énergie dont ils disposaient, à moins qu'ils ne préfèrent y renoncer et en être indemnisés en argent. On pourrait entourer encore la surlicitation d'autres restrictions, comme M. Michoud l'a indiqué; on pourrait même l'exclure (comme le fait M. Hauriou), car elle n'est pas essentielle au système; mais est-ce nécessaire, et ne suffirait-il pas de renforcer par un simple privilège le système proposé par M. Michoud? J'ai dépensé les frais d'aménagement d'une chute, et ce, pour me procurer son énergie. Si on surlicite, je puis aller aux enchères, si je n'y suis pas le plus fort et que je tienne à conserver l'usage de mon énergie, je suis bien assuré de ne pas le perdre : le nouvel élu est obligé d'installer immédiatement sa dérivation, sans quoi je l'évince ; et jusqu'au jour où l'eau passera dans ses artifices et lui permettra de me servir mon énergie, elle coulera dans les miens où elle me la procurera directement.

Je ne serai pas évincé, je resterai chez moi si cela me convient; que m'importe que l'énergie m'arrive par un tuyau ou par un fil. Et du moins je serai certain que la seule cause possible de la surlicitation sera un sérieux avantage économique. Avec la concession, je pourrais être évincé ou racheté pour bien d'autres motifs : préférence donnée par l'Administration à un autre concessionnaire, besoins nouveaux des services publics, etc.

Jetons les yeux sur une carte hydrologique, nous y verrons de suite combien se ramifient les cours d'eau à grande pente; à chacun de ces confluents se pose en pratique une limite naturelle à ces menaces indéfinies, dont on a tant parlé, de la surlicitation; c'est de quoi rassurer les industriels les plus soucieux de leur tranquillité.

Pour concentrer les droits du riverain, en face de ces systèmes du syndicat ou de la licitation, la Commission parlementaire, par l'organe de M. Guillain, et le Gouvernement, dans un projet de loi déposé le 6 juillet 1900, proposent de déclarer la pente des eaux concessible par l'État.

Pour introduire ainsi dans nos lois le principe si nouveau de la concession en matière industrielle, il faut de graves motifs. M. Pillet avait examiné ceux de droit pur, voyons les autres.

Premier motif. — Cette association syndicale forcée, cette licitation, ces servitudes d'aqueduc qu'on prétend imposer aux tiers en faveur de l'usinier hydraulique, ce sont autant d'atteintes au droit de propriété; sous des noms divers, c'est l'expropriation au bénéfice d'un intérêt privé. L'État seul a le droit d'exproprier; s'il consent à déléguer ce droit, ce ne peut être qu'à un mandataire qu'il chargera d'effectuer un service public.

Cependant l'exemple ne serait pas nouveau dans nos lois de servitudes, ou même de pouvoirs coercitifs, attribués à un particulier à l'encontre d'un autre particulier, en cas d'enclave, d'indivision, de drainage, d'irrigation, d'exploitation de mines. L'intérêt général lui-même le commande, le tout est d'y apporter les tempéraments équitables, de sauvegarder et d'indemniser les intérêts privés froissés par d'autres intérêts privés.

S'il y a intérêt pour la richesse nationale à la mise en valeur des forces hydrauliques, la puissance publique ne fera que remplir son devoir en levant les obstacles qui gênent, qui stérilisent l'utilisation des chutes d'eau; les usagers industriels ne demandent pas de subvention comme les usagers agricoles, mais si vous voulez qu'ils viennent consacrer à cette coûteuse mise en valeur leur travail et leurs capitaux, ne les mettez pas en servitude, ne profitez pas des facilités que vous leur aurez données, pour les envelopper dans les filets de la concession. Pensez qu'il y a d'autres sources d'énergie que l'eau, qu'une installation de machines thermiques immobilisera moitié moins de capitaux qu'une installation hydraulique de même puissance, et qu'il faut laisser également libres les concurrents qui ont à se disputer le même marché commercial.

Si le principal motif de la création de la chute d'eau est d'alimenter une industrie privée, ce né sont pas les quelques réserves plus ou moins éventuelles d'énergie au bénéfice des services publics dont vous l'aurez grevée qui pourront déguiser

son véritable caractère. Tout comme l'usinier libre, ce concessionnaire, à peine masqué, ne poursuit en réalité que son intérêt privé. Ce droit d'exproprier que vous possédez, vous ne pouvez pas le vendre pour quelques concours financiers, pas même pour quelques réserves d'énergie.

Deuxième motif. — Les services publics de traction, de distribution de lumière ou de force trouveront intérêt, tout aussi bien que l'industrie privée, à utiliser l'énergie hydraulique ; leurs besoins augmenteront, tandis que les mines de houille iront en s'épuisant. Et si un jour l'énergie naturelle est appelée à prendre une valeur extraordinaire, il est de bonne administration de ne pas étendre les droits d'usage privé dont cette énergie est grevée, et de réserver à la communauté, sinon tout le bénéfice des chutes d'eau, au moins des avantages correspondant à la plus-value que procurerait la loi si elle facilitait leur mise en valeur.

L'intérêt général réside avant tout dans cette bonne mise en valeur, et pour cela les efforts de la communauté ne vaudront jamais ceux de l'initiative privée.

En tant que consommateurs d'énergie, les services publics sont une industrie comme une autre ; ils achètent leur charbon, ils peuvent acheter de même leurs kilowatts (la ville de Grenoble vient de le faire), et ils les trouveront sur le marché à des conditions d'autant meilleures que la mise en valeur des forces hydrauliques aura été mieux faite, et que les usines génératrices seront plus nombreuses, plus libres et plus prospères.

La communauté ne doit spolier personne en vue d'éventualités lointaines et mal précisées. C'est elle, pour sa prospérité générale, qui a le plus d'intérêt à la mise en valeur, elle doit donc la faciliter sans de mesquines restrictions.

Enfin les services publics, comme tous les usages collectifs, lorsque leurs besoins bien constatés le comporteront, pourront toujours revendiquer la primauté qui leur est assurée, et aménager ou acquérir une chute d'eau par voie d'expropriation. Opération impraticable, dira-t-on, parce que la loi interdit de faire des biens expropriés un autre usage que celui en vue duquel ils ont été expropriés : l'État ne trouvera pas une chute d'eau exactement adéquate à ses besoins, et s'il ne peut pas amodier ses excédents d'énergie, l'aménagement sera trop onéreux. S'il convient, pour faciliter le fonctionnement des services

publics, d'autoriser l'État, par une loi nouvelle, à affecter accessoirement à d'autres usages les excédents de l'énergie qu'il aurait aménagée pour ces services, il ne faut pas hésiter à le faire, et M. Michoud n'y a pas manqué dans son projet.

Troisième motif. — Mais la concession permettra au moins de réaliser un meilleur aménagement ! Si l'Administration cherche à faire intervenir des vues arbitraires, elle ne pourra que contrarier la mise en valeur ; le meilleur aménagement en l'espèce, sera celui qui donnera les plus prompts résultats, et aucun gaspillage ne sera à redouter, aucune création « malencontreuse » ne sera à regretter et ne pourra compromettre l'avenir, si le régime légal concilie les garanties dues aux intéressés avec la souplesse nécessaire à une prompte évolution.

Quatrième motif. — La concession est nécessaire pour empêcher les riverains de laisser inutilisée la richesse qu'ils ont entre les mains. Mais la concession ne garantira pas à l'usinier, comme elle peut garantir à un exploitant de transport ou d'éclairage, des recettes bien assurées avec tarifs et monopole. L'usinier doit vivre sur des débouchés commerciaux, ce ne sont pas les fonctionnaires en l'instituant concessionnaire ou le contrôle en le surveillant qui lui procureront ces débouchés. Ils risquent même de les lui fermer d'autant plus qu'ils restreindront davantage sa liberté. S'il n'y a pas de débouchés, l'usine ne marchera pas : concédée, elle sera déchue et remise en adjudication, tout aussi bien que l'usine libre qui serait tombée en liquidation.

Cinquième motif. — La concession, dit-on enfin, est nécessaire pour prévenir les accaparements, le système de la licitation favoriserait les monopolisations et les rendrait inexpugnables.

La licitation, a répondu M. Michoud, a pour sanction l'exécution immédiate des coûteux travaux de dérivation ; elle ne peut donc être mise en action que pour des utilisations réelles et promptes, et elle se briserait entre les mains du spéculateur qui tenterait de s'en servir dans un but de mise en portefeuille ou de pure spéculation. Au surplus, les distributions collectives d'énergie, qui empruntent nécessairement les voies publiques, sont sous la dépendance de l'Administration qui pourra toujours en user pour modérer et régulariser les prix de vente.

On pourrait bien se demander, au contraire, si ce ne serait pas plutôt le régime de la concession, avec les lenteurs inépuisables des formalités, qui risquerait d'aboutir à des monopolisa-

tions, comme on l'a vu pour les tramways en France, pour les chutes d'eau elles-mêmes en Italie. Il surgirait des pisteurs en concession, des omniums plus ou moins patentés. C'est bien alors que les chutes d'eau tomberaient au pouvoir de l'argent.

Qui a favorisé l'éclosion des trusts, si ce ne sont le plus souvent les douanes, les monopoles, toutes les restrictions émanant de la puissance publique elle-même? Et la répression légale n'a guère réussi contre les trusts; seule la libre concurrence est arrivée à en avoir raison lorsqu'elle a pu s'exercer.

J'en viens, Messieurs, au mécanisme de ces deux systèmes de concession :

Le gouvernement propose de faire de toutes les chutes d'eau de plus de 100 *ch* en eaux moyennes, des usines publiques qui seraient concédées comme les entreprises de travaux publics : pour une durée temporaire, suivant un cahier des charges à débattre pour chaque cas énumérant les concours financiers et les quantités d'énergie que l'usinier devra fournir aux services publics; la concession, soumise à la domanialité publique, comprendrait tous les ouvrages nécessaires à la génération de l'énergie; elle serait exposée à la déchéance, et au rachat après quinze ans de durée, l'indemnité étant dans ce cas réglée comme en matière de chemins de fer d'intérêt local; enfin les engagements pris pour les fournitures d'énergie périmeraient cinq ans après l'expiration de la concession.

Un semblable contrat est essentiellement fait *in intuitu personæ*, et son bénéficiaire ne pourra pas le céder sans difficulté; la domanialité publique, qui empêche d'hypothéquer, par exemple, est un *impedimentum* absolu, incompatible avec l'industrie. Le rachat pourra être combiné de manière à donner de sérieuses garanties, il pourrait même devenir avantageux pour le concessionnaire, mais la modalité de fixation de son prix soumet toutes les affaires, toute la comptabilité de l'industriel à l'ingérence constante de l'Administration. Le contrôle sera nécessairement complet et permanent, et les cahiers des charges arbitrairement rigoureux. L'expiration de la concession est une échéance d'incertitude et de précarité, non seulement pour l'industrie concédée mais encore pour tous ses abonnés, traitants ou tributaires. Enfin, un tel régime amorcerait des empiétements successifs de l'État sur le domaine industriel qui doit être réservé à l'initiative privée.

Telles sont les critiques qui ont décidé la Commission parlementaire, par l'organe de M. Guillain, à rechercher un système plus libéral, donnant plus de stabilité à l'industrie, tout en réservant à la communauté le bénéfice qu'on veut lui attribuer des utilisations nouvellement découvertes pour cette richesse.

Examinons si ce système réalise les intentions si sincèrement bienveillantes de ses auteurs, et s'il ne contient, à son tour, aucun danger pour l'industrie.

La concession serait perpétuelle et constituerait une propriété immobilière analogue à une concession de mines. La loi contiendrait l'énoncé de toutes les obligations de l'usinier, sans que ces obligations puissent être arbitrairement étendues par aucun cahier des charges spécial. Le concessionnaire sera seulement obligé, dans chaque cas, de réserver aux services publics, à des prix déterminés, révisables tous les dix ans, des fournitures d'énergie convenues d'avance. La concession sera sans terme fixe, en réalité sa perpétuité n'est qu'apparente, parce qu'elle est rachetable tous les trente ans pour le prix de la valeur actuelle de ce dont elle se compose. Dans ce cas l'industriel racheté et ses contractants auront droit à continuer à recevoir l'énergie dont ils disposaient en la payant au prix de revient majoré du double de l'intérêt légal.

Ce rachat, à la valeur actuelle, peut être une ruine pour l'exploitant; pour atténuer la gravité de cette menace, M. Guillain la suspend pour ne la laisser agir que par périodes trentenaires. Chacun de ces termes risque d'allumer autour de l'exploitant des convoitises qui sauront intriguer en vue de sa dépossession et le menaceront d'un véritable chantage trentenaire.

Nous nous trouvons donc en présence de deux systèmes : l'un draconien, l'autre contenant le maximum de libéralisme que puisse contenir une concession; dans l'un, le contrat est à terme, à terme consolidé pour ainsi dire, parce que les clauses du rachat peuvent garantir l'exploitant contre tout préjudice en cette éventualité; dans l'autre, le contrat est perpétuel, mais les clauses de rachat font tous les trente ans planer sur lui le chantage ou une menace de ruine.

Dans le premier, toutes les industries basées sur l'utilisation de la force de la concession deviennent précaires au moment de son expiration; dans l'autre, elles ont la continuité mieux assurée.

L'évolution de l'avenir, voilà le souci qui a obligé les auteurs

de nos projets à admettre qui le rachat, qui l'expiration de la concession; nous avons vu combien plus souple, plus prompte, moins effrayante pour les intéressés pourrait être la solution de la surlicitation. Les partisans de la concession ont bien aperçu que le rachat constituait pour les industriels le danger le plus sérieux; ils se sont ingéniés à y remédier; le véritable remède, M. Neyret le leur a dit, serait de ne pas créer ce danger (1).

Comment le régime de la concession pourra-t-il indemniser les droits des riverains?

Par la licitation ou les syndicats cette compensation est simple et équitable, la valeur acquise par l'ensemble se répartit entre les ayants droits sur des bases qu'ils auront été préalablement admis à discuter.

Les deux systèmes de concession semblent devoir admettre que l'industriel, maître de tous ses droits, ne sera pas obligé de subir la concession, mais le simple riverain qui devra céder ses droits à l'élu de l'Administration? M. Guillain propose de le faire indemniser en tout cas par le jury, qu'il ait ou non fait usage de son droit (2); sous le régime de la concession de travaux publics, cette compensation sera beaucoup plus difficile. En effet la jurisprudence administrative n'admet à indemnité que les dommages directs et actuels, et cette sorte de primauté qui favorise la satisfaction des intérêts collectifs ne permettrait de dédommager que ceux qui ont déjà utilisé leurs droits à l'usage. M. Colson a reconnu qu'on porterait ce faisant un grave préjudice aux propriétaires qui ont déjà acquis des droits de riveraineté, ou qui ont refusé de les vendre avec l'intention précise de les utiliser dans l'avenir, et il a ébauché l'indication de quelques mesures en vue d'indemniser ces propriétaires, ceux-là seulement; mais on ne peut méconnaître la difficulté et les inconvénients qu'il y aurait à modifier sur ce point la jurisprudence administrative, bien peu apte, on le voit, à remplir le rôle qu'on voudrait lui confier.

Les industriels sont effrayés des délais interminables qui précéderaient l'institution d'une concession administrative. Enquêtes,

(1) Quelle serait la durée des concessions? A Jonage, c'était 99 ans; pour le Haut-Rhône, l'Administration exige déjà 55 ans; on a vu un tramway à Paris (Romainville) concédé pour 16 ans! Il serait dur pour l'industrie française, a dit M. Neyret, d'être condamnée au régime du garni.

(2) Comme M. Primat l'a dit au Congrès: « Vous savez que pour entreprendre une œuvre d'utilité publique avec expropriation par le Jury, il faut se sentir couvert soit par l'argent des contribuables sous forme de garantie d'intérêt, soit par l'argent de M. Goge à qui on passera l'affaire devenue mauvaise. »

consultations de Conseils généraux ou municipaux, instruction par trois ministères, avis d'une Commission mixte, du Conseil d'État, décrets, formalités d'expropriation. La procédure civile même la plus compliquée a des termes légaux : on peut se mettre d'accord pour l'éviter ; mais la procédure administrative n'a pas de délais fixes, et on doit en tout cas attendre l'épuisement complet des formalités avant de se mettre à l'œuvre. M. Tavernier a bien donné à entendre que l'Administration autoriserait le commencement anticipé des travaux, mais un exemple cité au Congrès a montré ce que risquerait de coûter une semblable imprudence.

Le choix du concessionnaire est une autre difficulté : le Gouvernement propose de le fixer sur le plus offrant; la Commission parlementaire remet au Conseil d'État le choix du meilleur.

Et c'est là, Messieurs, que je voudrais pouvoir vous citer en son entier la forte et précise communication de M. Jean Neyret au Congrès. Il a fait ressortir combien l'Administration risquait de se tromper en croyant pouvoir discerner ce « meilleur », combien peut-être elle regretterait le présent funeste pour elle-même qu'on lui aurait fait, en l'obligeant à se décider sous tant d'influences, sous tant de pressions. N'est-ce pas la concurrence seule qui peut faire le classement des capacités humaines, la sélection et la mise en valeur des individus ?

Sur d'autres points, M. Neyret a été écouté, lorsqu'il nous a montré que la concession, si libérale qu'elle fût combinée, ne pouvait pas échapper à l'arbitraire administratif ; que le concessionnaire serait entravé vis-à-vis de son personnel ouvrier, comme l'ont été les tramways et les mines, entravé dans ses ventes elles-mêmes, comme l'a été la Société fermière de Vichy ; que la discussion des cahiers des charges était fatale à ceux qui la soutenaient avec l'État ; que les cahiers des charges généraux eux-mêmes, comme celui des Mines, étaient périodiquement modifiés : et qu'il n'était pas d'occasion que l'Administration ne cherchât et ne trouvât pour contraindre ses concessionnaires à subir ses nouvelles exigences, quelque difficulté qu'il pût en résulter pour ses contractants.

M. Neyret a fait ressortir en termes inoubliables que l'atmosphère de la liberté était indispensable à l'initiative, au travail et aux risques qu'il faut pour mettre en valeur les chutes d'eau ; il a montré par un exemple frappant quels concours réels et effectifs l'industrie privée libre sait apporter aux services publics.

Aussi le Congrès a adopté d'emblée le vœu que M. Neyret lui proposait, et que voici :

Invite les pouvoirs publics à sauvegarder, en tout état de cause, la liberté industrielle et commerciale indispensable à l'exploitation complète et féconde de la Houille Blanche.

Le Congrès, effrayé par la précarité et par la domanialité publique des usines, et convaincu qu'aucune disposition légale ne saurait aboutir pratiquement au libéralisme des cahiers des charges et à l'indépendance des usines concédées sous le régime des Travaux publics, a émis le vœu que le projet de loi du Gouvernement ne fût pas adopté par le Parlement.

Il a rendu hommage à la sollicitude manifeste de M. Guillain pour l'industrie hydraulique et au libéralisme sincère dont sont animées les modifications qu'il a introduites dans le projet de la Commission parlementaire. Mais l'arbitraire du choix, la longueur des délais, la menace du rachat, demeurent et sont graves. On peut s'effrayer à juste titre de voir toutes ces restrictions si libérales à la merci d'un simple amendement. On peut s'effrayer aussi de voir poser ce principe si dangereux de la concession industrielle. Ceux d'entre vous, Messieurs, qui connaissent mieux que moi les affaires de tramways, d'éclairage, de mines, de services maritimes subventionnés, pourraient vous dire à quelles exigences, à quelles surcharges sont exposées les industries qui dépendent ainsi de l'État.

Enfin, les industriels ont été fiers de montrer au Congrès quelques-unes des usines qu'ils avaient pu en si peu de temps faire sortir de terre sous le régime de la liberté. Peut-on même les blâmer, ces industriels, d'être inquiets pour le sort de ces usines elles-mêmes, si le principe de la concession hydraulique, qui n'existe pas dans nos lois, venait à y être introduit. L'État sera bien vite mis en demeure d'user, dans toute son étendue, du prétendu droit qu'on lui aurait une fois reconnu. Les restrictions libérales seront taxées d'inconséquences et ce jour-là les usines libres elles-mêmes ne tarderont pas à être contraintes de passer sous le même joug que leurs voisines.

Toute investiture par l'État est forcémen tprécaire, notre titre actuel, fondé sur le code, justifié par les dommages que la force vive de l'eau a causés aux riverains depuis que leur propriété existe, notre titre actuel est infiniment plus respectable que celui que nous tiendrions de l'État. La liberté, a dit M. Neyret, est sans compensation possible.

Après avoir jalonné, par les vœux que je vous ai cités, le tracé général des dispositions légales qui lui semblaient convenir à l'industrie hydraulique, le Congrès a invité les auteurs des divers projets qui lui avaient été soumis à poursuivre leurs études dans le sens qui résultait de ces vœux, et il a demandé que les modifications de la loi ou des règlements fussent préparées avec le concours des Chambres de commerce et des groupements syndicaux compétents.

On avait pensé que les services publics pouvaient devenir les principaux consommateurs de l'énergie naturelle, et c'est peut-être dans cette pensée qu'il faut chercher la seule cause génératrice de tout ce mouvement d'idées. A mon avis, Messieurs, on avait mal posé les données pratiques de la question : les services publics n'admettent pas la moindre irrégularité, ils ne pourront jamais chômer pendant les basses eaux. On améliorera tant qu'on pourra l'irrégularité naturelle du débit des torrents, mais les eaux moyennes fourniront toujours, pendant la plus longue période de l'année, un contingent d'énergie triple ou décuple. Beaucoup mieux que nos voisins, nous avons su tirer parti dans l'industrie hydro-électrique française de cette énorme ressource qui importe au plus haut degré à la prospérité nationale. Serait-ce parce que nous étions plus libres? Il faut de la liberté, ce n'est pas douteux, pour affronter les dures difficultés contre lesquelles se débat à l'heure actuelle cette jeune industrie.

*
* *

Avant de terminer, j'ai encore à retenir un instant votre attention, Messieurs, sur un autre vœu adopté par le Congrès.

M. P. Bougault, avocat à Lyon, avait fait au Congrès un exposé clair et élégant des législations étrangères et de l'ensemble de ce qu'on avait étudié en France. Au pied levé, et pour remplacer un de nos collaborateurs empêché, M. Bougault a accepté d'entretenir le Congrès du projet de loi sur les distributions d'énergie. Ce projet est depuis longtemps étudié. Il a été rapporté à la Chambre successivement par MM. Guillain et Berthelot, et son adoption présenterait un grand intérêt pour faciliter la diffusion de l'énergie et l'utilisation des chutes d'eau. L'établissement des lignes de transport de force rencontre, en effet, de sérieuses difficultés et est ralenti soit par la résistance ou les exigences des propriétaires, soit, lorsqu'il doit emprunter le sol des voies

publiques, parce qu'il ne peut les occuper qu'en vertu d'autorisations plus ou moins précaires. On a proposé d'y remédier en soumettant ces canalisations au régime de la concession temporaire, comme les entreprises de travaux publics, et en les investissant, sous les conditions de cahiers des charges, de certains pouvoirs coercitifs. M. Bougault a montré que ce régime, ainsi appliqué, était loin de soulever les mêmes objections qu'en matière de création de chutes d'eau. Là, en effet, il s'agit d'occuper une portion du domaine public, il s'agit aussi d'instituer une distribution collective d'énergie, avec tarification impersonnelle, qui doit être soumise, à juste titre, aux conditions d'un cahier des charges.

A la suite de cet exposé, le Congrès a émis le vœu que ce projet de loi fût promptement repris et adopté par le Parlement.

Pour compléter ce compte rendu, il me resterait encore, Messieurs, à vous donner une idée des discussions en séance, des toasts entraînants, des conversations et des thèses si intéressantes échangées entre nos adhérents dans ce foyer qui s'est constitué autour de nous pendant huit jours. Je dois y renoncer; je vous signalerai seulement que, à Chamonix, M. le général de Wendrich, délégué du Gouvernement russe, et M. l'Ingénieur Maximoff ont chaleureusement souligné l'intérêt qui s'était attaché à nos travaux, et l'honneur que la France aurait toujours d'avoir pris l'initiative de telles études et frayé la voie devant l'Industrie hydraulique.

Le rôle de notre Congrès n'est pas encore terminé; il lui reste à publier ses comptes rendus : c'est à quoi travaillent et travailleront encore pendant quelque temps ses secrétaires, MM. O. Michoud, administrateur délégué de la Société Grenobloise de « Force et Lumière », qui avait déjà eu à satisfaire à l'organisation, Reymond, secrétaire de notre syndicat, Fontaine, secrétaire général du syndicat des usines d'électricité, et Cote, Ingénieur-rédacteur du Journal *la Houille Blanche*.

Je l'ai déjà fait à Chamonix, veuillez, Messieurs, vous unir à moi pour souhaiter à nos secrétaires que leur tâche ne soit pas trop lourde et surtout qu'elle soit promptement accomplie.

L'APPLICATION PAR L'ÉTAT

DU SYSTÈME DE LA CONCESSION

A LA

CRÉATION DES CHUTES D'EAU

OBSERVATIONS SOMMAIRES

PAR

M. G. RICHOU

Parmi les vœux votés par la Section économique du Congrès de la houille blanche, deux présentent une importance capitale : le premier qui « invite les pouvoirs publics à sauvegarder, en » tout état de cause, la liberté industrielle et commerciale in- » dispensable à l'exploitation complète et féconde de la houille » blanche; » et le deuxième qui demande que « la faculté d'user » des cours d'eau dans les conditions de l'article 644 du Code » civil soit conservée aux propriétaires riverains, quelle que » soit l'importance de la chute ».

A vrai dire, ces vœux pourraient n'en former qu'un seul, le dernier constituant les « voies et moyens » de donner suite à l'autre. Et la raison qu'ils invoquent, tirée d'une pratique déjà longue et des résultats importants déjà obtenus, se résume dans ce considérant:

« En l'état, les droits effectifs des propriétaires riverains ré- » sultant de l'article 644 du Code civil ont permis, par le libre » jeu de l'initiative industrielle, de parvenir à la création de » forces hydrauliques considérables, assurant des distributions » importantes et étendues. »

On ne saurait mieux dire, et, comme l'a indiqué M. Hanotaux, dans son magistral discours d'inauguration du Congrès, malgré l'insuffisance de la législation, malgré toutes les causes de dissentiment entre les riverains, on a fini, dans chaque cas parti-

culier, par apprécier les bénéfices de l'entente. Les parties se sont mises d'accord, et, quand des difficultés insurmontables ont surgi, on a eu recours, soit spontanément, soit par la décision des tribunaux, à l'intervention d'un arbitre.

On conçoit néanmoins qu'il y ait lieu de combler les lacunes suivantes de notre législation : 1° elle ne facilite pas le groupement des droits de riveraineté dans les mains d'une seule et même personne, 2° elle ne permet pas à l'industriel d'obtenir la servitude d'aqueduc à travers les fonds qui séparent son usine de l'eau qu'il peut capter, à moins de l'autorisation amiable de tous les propriétaires desdits fonds.

A cet effet, le Gouvernement a présenté aux Chambres un projet de loi basé sur le système de la concession comme en matière de travaux publics. Ses dispositions constituent une véritable mainmise sur toutes les chutes susceptibles d'utilisation à partir de la force de 100 *ch* ; elles édictent, d'une part, la dépossession des riverains, sans leur accorder d'indemnité en cas de non-usage antérieur de leur droit de co-usagers et, d'autre part, l'expropriation des installations déjà existantes si elles augmentent la force qu'elles emploient.

L'exploitation des biens ainsi expropriés est ensuite remise entre les mains de leurs anciens propriétaires ou de tiers. Mais cette concession ne leur est accordée : 1° qu'à titre temporaire, la concession ne devant pas être perpétuelle, 2° qu'à titre aléatoire l'État se réservant des droits de rachat à partir d'un certain délai, et ceux de déchéance, si une seule des clauses de la concession n'est pas remplie, 3° qu'à titre onéreux, soit par l'obligation de consacrer une partie des forces créées à un ou plusieurs services publics, soit par l'imposition de redevances financières ou de participation à des travaux divers.

Ce ne serait pas trop d'une conférence et d'une discussion approfondies pour analyser et faire ressortir tous les dangers d'un pareil projet. Nous nous contenterons d'indiquer sommairement les principaux.

Tout d'abord, ce n'est pas au moment où l'État est plus ou moins sollicité de concentrer entre ses mains par le rachat des grandes Compagnies de chemins de fer, l'industrie des transports à grande distance, qu'il convient de lui fournir un précédent pour nationaliser également les moyens de production par la prise de possession de tous les cours d'eau.

Nous croyons inutile de développer cet argument devant la

Société des Ingénieurs Civils de France : nous ne nous arrêterons pas davantage aux inconvénients du principe de n'accorder une indemnité qu'aux seuls riverains ayant déjà fait usage des droits qu'ils tiennent de l'article 644 du Code civil (1), principe que des jurisconsultes autorisés considèrent comme devant conduire à de véritables spoliations, et nous nous bornerons à examiner les dangers que le projet de loi peut faire courir à l'industrie des forces hydrauliques.

Le caractère temporaire de la concession, sa durée limitée à la fin de laquelle elle reviendra gratuitement et de droit à l'État, arrêteront nécessairement le concessionnaire dans la voie des améliorations : faute du temps nécessaire pour amortir les dépenses de premier établissement, il devra s'abstenir pendant la période qui précédera le terme de la concession, de tout développement qu'il aurait pu donner avantageusement à son installation.

D'ailleurs, sur quelle durée pourrait compter l'industrie si l'État s'efforçait, dans la pratique, d'atténuer sensiblement sinon de supprimer cet inconvénient ? Sans doute, la Compagnie de Jonage a obtenu une concession presque séculaire ; mais l'État ne tendrait-il pas, comme il va, dit-on, le faire pour une autre entreprise analogue qui ne jouirait plus déjà que de cinquante-cinq années, à réduire peu à peu ses libéralités à des proportions trop modestes ?

Le droit de rachat à l'expiration d'un délai peu important constitue en outre une aggravation considérable de la précarité de la concession, car au lieu d'avoir effet seulement à la dernière période du contrat, il viendra menacer l'exploitant dès la première. L'assimilation à des services publics (eaux, éclairage etc...) pour évaluer les bases des indemnités de rachat est, d'autre part, assez mal justifiée ; il n'y a point en effet de véritable analogie entre ces entreprises et les diverses industries qui peuvent uttliser sur place ou à distance la force motrice créée.

Que dire de la clause de déchéance qui pèsera d'une manière indéfinie sur l'industriel, en le mettant continuellement à la merci de l'arbitraire administratif ?

(1) Voici le texte de cet article : « Celui dont la propriété borde une eau courante autre que celle qui est déclarée dépendance du domaine public par l'article 538, au titre de la distinction des biens peut s'en servir à son passage pour l'irrigation de ses propriétés.

» Celui dont cette eau traverse l'héritage peut même en user dans l'intervalle qu'elle y parcourt, mais à la charge de la rendre à la sortie de ses fonds, à son cours ordinaire. »

Examinons maintenant les impôts spéciaux que l'État se propose d'établir en retour de la concession qu'il aura octroyée. Ils se présenteront, comme nous l'avons dit, sous diverses formes : soit en nature, soit par un concours financier, soit par des redevances annuelles, soit enfin par une participation à des travaux divers. Ces diverses formes peuvent d'ailleurs être cumulées.

L'impôt en nature consistera dans la réserve d'une certaine quantité de la force créée, faite gratuitement au profit de l'État qui l'appliquera éventuellement à un ou à des services publics.

L'impôt par concours financier peut constituer une charge très lourde pour une industrie à son début : celui par redevances annuelles serait moins dangereux à cet égard, car il aurait au moins l'avantage de cesser si l'industrie elle-même s'arrêtait.

Mais dans ces trois cas, on voit apparaître et sévir l'arbitraire administratif dans toute son étendue, soit qu'il s'agisse de déterminer la forme, soit qu'il y ait lieu de fixer la quotité des impôts. On a cité à cet égard, au Congrès, l'exemple typique du cahier des charges du Haut-Rhône qui comporte une redevance annuelle limitée *entre 5000 et 50 000 f* ! Et la dernière forme de l'impôt, celle de la participation à des travaux divers, est bien faite pour éveiller l'attention sur les charges, toujours arbitrairement déterminées et d'une importance considérable, que peut imposer aux exploitants l'obligation d'exécuter des ouvrages ou des travaux d'intérêt général, le plus souvent inutiles à leur industrie — réfection ou construction de ponts, construction de routes — etc... N'est-on pas allé, dans l'affaire de Jonage, jusqu'à exiger une dépense supplémentaire de plusieurs millions, c'est-à-dire une forte majoration des travaux d'aménagement de la chute, pour permettre au canal de desservir une navigation à naître et qui peut-être ne se réalisera jamais?

Les dispositions transitoires ne prêtent pas moins le flanc à la critique. Le projet n'accorde en effet aux usines existantes leur liberté qu'à la condition qu'elles n'augmentent pas même d'une unité la force motrice qu'elles utilisent. Mais, comme le disait M. Neyret, Ingénieur à Saint-Étienne, dans la remarquable conférence qu'il a présentée au Congrès de la houille blanche : « Est-
» ce que la situation acquise d'une industrie ne comporte pas à
» son actif les réserves de force qu'elle a prévues au même titre
» que ses réserves de capitaux, au même titre que ses réserves
» accumulées d'expérience et de bon renom, dont l'ensemble
» doit faire l'avenir le plus sûr et le plus rémunérateur ?

» Si un exploitant a prévu son exploitation première pour une » puissance supérieure à celle d'abord nécessaire, de façon à » l'augmenter au fur et à mesure de l'extension de ses affaires, » ce qui est le cas ordinaire, il devrait y renoncer, sous peine » de spoliation brutale. S'il cherche à mieux user de la diffé- » rence de niveau du plan supérieur au plan inférieur, il ne » pourrait faire valoir cette richesse rendue stérile pour tous » par le projet de loi, car qui voudrait s'exposer ainsi à l'alié- » nation de son bien et de sa liberté? »

C'est organiser le découragement à entrer dans la voie du progrès! Et M. Neyret en cite un autre exemple non moins démonstratif dans les stipulations de l'article 35 du cahier des charges de Jonage, qui prévoit la revision décennale du prix de la chose vendue, des kilowats en l'espèce, prix de vente qui pourra être abaissé d'office par décret, si des procédés nouveaux ou des perfectionnements viennent en réduire le prix de revient.

« Si donc, ajoute-t-il, le concessionnaire par son travail, son » intelligence, ses capitaux exposés, parvient à améliorer ses » prix de revient, des experts payés par lui viendront le cons- » tater et, conformément au paragraphe 7 de ce même article 35, » les deux tiers de l'économie réalisée seront destinés aux ache- » teurs; le dernier tiers restera à ce créateur sur qui aura pesé » tout l'aléa des recherches et des dépenses! »

L'éventualité de toutes ces charges doit être envisagée comme des plus probables, sinon comme certaine, puisqu'elles frappent les concessions actuelles, et la réduction déjà opérée sur la durée primitivement impartie aux concessionnaires n'est pas faite pour donner l'espoir de voir dans l'avenir l'État adopter à leur égard une politique plus libérale.

Il y aurait encore beaucoup à dire sur le projet du Gouvernement, et notamment à insister sur la situation difficile qui sera imposée aux usines d'utilisation de force quand les usines génératrices concédées feront retour à l'État. Mais nous croyons devoir nous limiter dans cette énumération déjà longue des critiques que soulève ledit projet, et renvoyer aux publications du Congrès ceux qui désireraient faire de la question une étude plus approfondie.

En même temps que le projet gouvernemental a été dressé, un autre projet, celui dit de la Commission parlementaire, et dont M. Guillain, ancien ministre, est le principal auteur et le rapporteur. Ce second projet est basé, comme l'autre, sur le

système de la concession, mais il est conçu dans un esprit beaucoup plus libéral. Il supprime notamment les cahiers des charges particuliers et les remplace par un cahier des charges général, comme en matière de mines; il accorde des concessions perpétuelles et crée ainsi, pour elles, de véritables propriétés immobilières. Mais il maintient les clauses de rachat et de déchéance qui, avec le choix du concessionnaire, laissent encore l'État maître souverain de l'industrie des forces hydrauliques.

C'est donc, à notre avis, comme à celui de la majorité des membres du Congrès, non seulement le projet du Gouvernement qu'il convient de combattre, mais surtout le principe sur lequel il repose, c'est-à-dire le système de la concession, comme en matière de travaux publics, car, d'une part, il porte atteinte plus ou moins directement aux droits acquis des riverains, et de l'autre, il enserrerait les industriels dans un réseau de liens administratifs et leur imposerait des charges qui ne leur laisseraient ni la liberté nécessaire à la création des forces motrices, ni la sécurité indispensable à leur utilisation.

N'y a-t-il donc pas moyen de porter remède aux lacunes, constatées plus haut, de notre législation sans léser les droits de riveraineté et sans restreindre l'exercice de la surveillance que l'État doit légitimement revendiquer au nom de l'intérêt public?

Comme l'a si bien dit M. Hanotaux, trois sortes de droits sont en présence : « Celui des riverains, celui de l'industriel, celui » de l'État... Le bon sens et l'équité ne demanderaient-ils pas, » pour le riverain, le droit à l'indemnité sans lui laisser le droit » à l'obstruction; pour l'industriel, le droit au travail sans lui » laisser le droit à l'accaparement; pour l'État, l'examen des » conditions de l'appropriation, sans aller jusqu'à l'expropriation? »

M. Pinat vient de vous exposer avec une grande abondance de détails et une clarté parfaite les divers systèmes qui ont été proposés pour remplir et concilier ces trois desiderata. Nous considérons, pour notre part, avec la plupart des membres du Congrès, que c'est dans les limites du projet Michoud que doit être fixée la législation à établir, et qu'elle ne doit pas les dépasser, sous peine d'accorder à l'ingérence de l'État une influence nuisible au but à atteindre. Plutôt même que de soumettre l'utilisation des cours d'eau à une réglementation qui aurait pour résultat de paralyser les industries qui en dérivent, il serait encore

préférable de ne rien changer à la situation présente, qui n'a pas, quoi qu'on en dise, élevé d'obstacles bien sérieux à la création des usines hydrauliques.

Il est, en effet, certain que l'arrêt que subit en ce moment l'utilisation des chutes d'eau est dû, non aux entraves apportées par les « barreurs ou les pisteurs de chutes », mais aux résultats financiers, souvent peu encourageants, donnés par les entreprises récemment créées, et ayant pour objet, soit la distribution de l'énergie électrique à domicile, soit la fabrication de produits divers par l'électrochimie. Cette dernière industrie, surtout, subit en ce moment une crise intense due, soit à la surproduction, pour certains produits tels que le carbure de calcium, soit à l'insuccès des procédés employés jusqu'ici pour obtenir certains autres produits.

Ce qui montre bien que la législation actuelle n'est pas un obstacle grave à l'aménagement des chutes d'eau, c'est que, pendant les sept ou huit dernières années, alors que les capitalistes avaient foi dans les procédés mis en avant par les inventeurs, il s'est construit, dans les seuls départements de l'Isère, de la Savoie et de la Haute-Savoie, une trentaine d'usines hydro-électriques dont la puissance totale dépasse 150 000 *ch*. Des rivières importantes ont été presque complètement aménagées ; il en est ainsi notamment pour la Romanche qui, sur une longueur de plus de 30 *km* (entre Bourg-d'Oisans et Vizille), alimente cinq ou six usines dont la puissance totale pourrait dépasser 30 000 *ch*.

Si les espérances des inventeurs n'avaient pas été déçues et si les résultats obtenus dans ces diverses entreprises avaient été plus satisfaisants, il est certain que le grand mouvement qui s'était dessiné en faveur de l'utilisation des chutes d'eau ne se serait pas subitement ralenti et que les chiffres ci-dessus seraient sensiblement dépassés. Il existe, en effet, dans la région alpine seulement, un grand nombre de chutes, dont les projets d'aménagement ont été complètement étudiés, pour lesquelles toutes les questions de propriété ont été réglées à l'amiable, et qui n'attendent, pour être aménagées et utilisées, que la découverte d'un débouché rémunérateur.

Ainsi, par exemple, toute la partie du cours du Drac située sur le département de l'Isère, soit sur une longueur d'environ 75 *km*, est déjà divisée, par l'initiative privée, en une série de chutes d'une puissance variant de 5 à 20 000 *ch*, exemptes, ou à peu de chose près, de toute entrave autre que celles que pour-

rait susciter l'Administration. Deux de ces chutes, celle de Champ et celle d'Avignonet, fonctionnent depuis quelques mois. Les autres n'attendent, pour être aménagées, que les concours financiers nécessaires à leur mise en œuvre, concours qui seraient rapidement trouvés s'il existait des emplois avantageux.

Malheureusement, la région est déjà presque saturée au point de vue de la distribution de l'énergie électrique à domicile et, pour placer leur force, les usines que nous venons de citer ont dû aller chercher des clients jusqu'à 100 et même 140 *km* (d'Avignonet à Bourgouin).

Or, s'il est vrai que les chutes d'eau sont, actuellement, le moyen le plus économique de production de l'énergie électrique, encore faut-il que l'utilisation de cette énergie n'ait pas lieu à une trop grande distance de la source ; sans cela, les frais de canalisation et autres ont vite fait d'annuler l'économie due à la production de la force hydraulique. Cette distance à laquelle l'énergie électrique peut être avantageusement transportée est très variable suivant les circonstances et, peut dans certains cas, être assez limitée par la mise en œuvre d'autres moyens économiques de production de la force motrice, notamment par l'emploi direct des gaz de hauts fourneaux dans les moteurs, procédé qui fournit la force motrice à un prix tout à fait comparable à celui obtenu avec les chutes d'eau. Sans doute, la force motrice produite par les gaz des hauts fourneaux, étant soumise aux fluctuations de la marche de ces appareils, ne se concilierait pas avec les conditions exigées par une distribution d'énergie électrique, mais elle serait parfaitement apte à être utilisée par les industries électrochimiques ou électrométallurgiques, qui trouveraient, d'ailleurs, un emplacement généralement plus avantageux auprès des grandes usines métallurgiques que dans les hautes vallées où existent les chutes d'eau.

Ces dernières considérations nous ont paru de quelque intérêt pour démontrer que l'utilisation intensive de la houille blanche, quelque avantage qu'on en attende, se heurte, dès ses débuts, à des concurrences sérieuses et surtout à des débouchés difficiles. Elles ne peuvent donc que confirmer les observations antérieurement présentées sur la nécessité absolue de n'imposer à l'industrie des forces hydrauliques, sous peine de l'arrêter dans son essor, que le minimum de charges compatible avec la liberté et la sécurité qui lui sont indispensables pour vivre et pour prospérer.

NOTE

SUR LES

INSTITUTIONS PATRONALES

DES USINES KRUPP [1]

PAR

M. E. CACHEUX

Les institutions patronales créées par M. F. Krupp constituent un musée complet d'économie sociale pratique; c'est pourquoi nous sommes heureux de le remercier d'avoir publié les plans des bâtiments qui les desservent ainsi que tous les règlements et statuts qui en assurent le fonctionnement. L'ouvrage que nous remettons à la Société des Ingénieurs Civils de France, de la part de M. Krupp, sera on ne peut plus utile aux industriels qui ont à cœur l'amélioration du sort de leurs ouvriers. Le court résumé que nous allons en faire donnera une idée de sa valeur. Ainsi que l'ont fait les industriels de Mulhouse, M. Krupp a commencé par mettre à la disposition de ses employés et ouvriers des logements sains et à bon marché, et il consacre le chapitre premier de son travail à la description et au groupement des divers types d'habitations qu'il a créés.

L'étude sur place de ces maisons est fort intéressante, car elle permet d'étudier les perfectionnements qui ont été apportés dans leur construction, par suite des nouveaux besoins des ouvriers, dont l'industrie avait amélioré le sort au point de vue pécuniaire. La ville d'Essen ne comptait, en 1805, que 3480 âmes; sa population n'était que de 5457 habitants en 1832, époque à laquelle l'usine Krupp occupait 10 ouvriers. L'usine commença à prendre de l'extension en 1852 et, en 1861, elle occupait 2082 ouvriers. Jusqu'à cette date, elle n'avait pas eu besoin de s'occuper du logement de ses ouvriers, mais ayant reconnu que le nombre moyen des habitants était de 12,71 dans les maisons de la ville d'Essen, et que la mortalité y était ex-

(1) *Wohlfarts-Einrichtungen der Gussstahlfabrik von Fried. Krupp. — Essen an der Ruhr.*

cessive, elle commença la construction d'habitations ouvrières en 1861 et, en 1863, elle disposait de 136 logements en faveur de ses ouvriers.

Le choix du système de construction à employer était embarrassant, car l'idée de donner une maison et un jardin à chaque ouvrier était bien séduisante pour un industriel comme M. Krupp, assez amoureux de la demeure familiale, pour conserver la maison à rez-de-chaussée de ses parents, au centre de son usine, et pour en faire son bureau personnel. Malheureusement, par suite de la cherté et de la grandeur de la surface du terrain qu'il aurait fallu pour construire, de 1871 à 1873, les 2 358 logements nécessaires pour les besoins de la population ouvrière, M. Krupp se décida à employer le système des maisons à étages, dont le choix s'imposait, du reste, par d'autres raisons importantes, parmi lesquelles nous citerons l'éloignement des habitations pour une famille du centre du travail, la difficulté de se procurer de l'eau qui, par suite du creusement des puits de mines, doit être cherchée assez loin des centres habités.

M. Krupp a construit des maisons pour une famille chaque fois qu'il pouvait le faire sans inconvénient, et il donne de nombreux spécimens des types qu'il a créés.

Les maisons à étages sont bien comprises. Chaque logement a une sortie directe sur le palier et la jouissance d'un privé spécial. Des buanderies ont été installées dans les caves, mais l'expérience a démontré que les ménagères n'aimaient pas beaucoup travailler dans les sous-sols, et dans les nouvelles maisons, on les dispose au grenier.

L'administration de l'usine fit construire des groupes de maisons à étages et pour une famille, à Essen et dans les environs. Plusieurs centres importants ont été créés et, le 1er janvier 1902, le nombre total des logements occupés par le personnel de l'usine Krupp était de 4 274, et ils étaient occupés par 26 678 personnes. Le prix de revient des habitations à bon marché est de 16 280 000 marks. Les logements sont loués de façon à faire rapporter 2 0/0 net au capital engagé. Parmi les habitations à l'usage du personnel, il se trouve plusieurs hôtels meublés, des maisons pour ménages, pour veuves et pour vieillards. Mentionnons encore la colonie d'Altenhof, qui est une fondation créée, en 1892, par M. F. Krupp, en mémoire de son père, et qui se compose de 191 logements, répartis soit dans des maisons isolées, soit dans des groupes de deux habitations. La jouissance gra-

tuite des logements est accordée aux anciens ouvriers de l'établissement pendant le reste de leur vie. Les logements sont attribués par la Caisse de retraite de l'usine, au fur et à mesure des vacances produites par les décès.

Les eaux potables sont fournies aux habitants des maisons Krupp par une canalisation qui va les chercher à une assez grande distance d'Essen. Les eaux ménagères sont utilisées dans les jardins. Les vidanges sont recueillies dans des tonneaux en fonte, d'une capacité de 1 m^3 environ. La vidange s'opère par le système pneumatique, à l'aide de réservoirs cylindriques mobiles. Les vidanges sont transformées en engrais. Au début, M. Krupp avait employé le système *dit du tout à l'égout*, mais il y a renoncé par suite des obstructions qui se produisaient dans la canalisation et des réparations coûteuses auxquelles le procédé donnait lieu. La maison Krupp ne loge pas tous ses ouvriers, mais il y en a 25 133 qui habitent la ville d'Essen, qui compte aujourd'hui 116 831 habitants.

Le chapitre II de l'ouvrage de M. Krupp concerne les établissements de consommation, magasins de vente des objets nécessaires à la vie (épicerie, objets d'habillement, boulangerie etc., mécanique, meunerie à vapeur, abattoirs).

La création de magasins de vente a permis au personnel de l'établissement de faire des économies importantes, surtout dans les colonies où l'ouvrier était obligé de se fournir chez de petits débitants qui s'installaient le long du passage qui aboutissait au lieu de son travail et vendaient des denrées de mauvaise qualité à des prix très élevés.

La maison Krupp fournit à ses ouvriers, qui travaillent en plein air, des vêtements imperméables; elle met à leur disposition des gants et des bottes, pour protéger leurs membres contre la chaleur, des lunettes pour préserver leurs yeux contre les éclats de corps durs, etc.

Lorsque les ouvriers sont occupés à un travail rude ou dangereux pour la santé, la maison en réduit la durée.

Le chapitre III est relatif aux établissements sanitaires. M. Krupp a construit, pour le service des malades, des hôpitaux, des hospices pour les vieillards et les infirmes, un hôpital temporaire en cas d'épidémie, et toute une série d'installations concernant le service de propreté. Les lavabos, les bains-douches, les bains et lavoirs de l'établissement sont remarquables.

La maison Krupp a dressé une statistique de tous les cas de maladie qui frappent son personnel. Tous les mois, ses médecins envoient une liste des malades qu'ils ont traités.

Lorsque des ouvriers sont atteints d'affections contagieuses, la maison se charge de la désinfection de leurs effets (linge, lit, habits, etc.).

L'hôpital de l'établissement doit son origine à la guerre de 1870. En vue de loger les soldats blessés qui rentraient dans leurs foyers, M. Krupp fit construire des baraques qui contenaient une centaine de lits, 356 blessés y furent traités. Pour utiliser son personnel médical, M. Krupp transforma ses baraquements en hôpital et il l'a agrandi de telle sorte qu'on y soigne annuellement près de 700 malades en moyenne.

Le prix d'une journée de traitement a été fixé, pour un ouvrier, à 1,50 marc, pour une femme à 1,20 marc, pour un enfant, de 0,80 à 1 marc, et pour un nourrisson à 0,40 marc. Sur cent ouvriers, il y en a 7,49 par an qui sont soignés à l'hôpital; la durée moyenne du séjour d'un malade y est de 19,73 jours. L'usine possède deux postes de secours desservis jour et nuit par un personnel spécial où les victimes d'accidents reçoivent immédiatement des soins médicaux.

Des baraques ont été construites à Essen, à l'occasion d'une épidémie de choléra, et à Altendorf, pour y recevoir des varioleux.

Le chapitre IV décrit les Fondations Krupp et les Institutions de prévoyance de l'usine, les caisses d'assurance contre la maladie, les décès et la vieillesse, établies en faveur des employés et des ouvriers, et les institutions créées pour venir en aide aux veuves et aux orphelins.

Le chapitre V est relatif à l'enseignement donné dans les écoles enfantines et dans les cours d'adultes. L'enfant peut y acquérir une instruction professionnelle complète, et quand il se fait remarquer par des aptitudes spéciales, on lui accorde une bourse.

Les jeunes filles sont élevées de façon à en faire de bonnes ménagères. La maison Krupp recherche toutes les occasions de leur donner un travail rémunéré (vendeuses dans les magasins, travail à domicile, etc.).

Dans le chapitre VI, on trouve également des détails sur les Cercles pour employés et pour ouvriers, sur les bibliothèques et

les divers bâtiments qui servent à la récréation du personnel de l'usine.

M. Krupp a également fait construire un gymnase avec salle d'armes où les personnes étrangères à la maison peuvent aller s'exercer. Le gymnase est parfaitement outillé ; il est pourvu en outre des agrès ordinaires, d'appareils médicaux établis d'après la méthode suédoise. Une installation complète de bains-douches dépend également du gymnase.

Six places de tennis ont été mises à la disposition du personnel de l'usine.

Hôtel d'Essen. — En vue de loger ses visiteurs, M. Krupp a fait construire un hôtel contenant 7 chambres à deux lits, 25 chambres à un lit, des salles de lecture, de concert et de bains.

Le bâtiment est chauffé à la vapeur et éclairé par l'électricité.

L'hôtel a, comme dépendances, des écuries pour onze chevaux et les remises nécessaires pour les voitures destinées au service des clients de l'hôtel.

Casino pour contremaîtres. — M. Krupp a fait construire un Casino qu'il a donné à la Société formée entre ses contremaîtres.

Brasseries. — Les brasseries, au nombre de huit, sont des établissements où l'on peut prendre des repas très économiques. Les salles servent aux fêtes des Sociétés ouvrières.

Toutes les brasseries ont des jardins et l'une d'entre elles dispose de chambres garnies pour célibataires.

Jardins et Parcs. — Deux grands parcs, avec pavillons pour permettre à l'orchestre municipal d'Essen d'y jouer, sont à la disposition des habitants des colonies de Cronenberg et de Schederhof.

Jardins ouvriers. — M. Krupp loue un certain nombre de jardins à ses ouvriers et il leur fournit des arbres et des semences pour leur permettre d'orner leurs propriétés et d'en tirer parti.

Service des eaux. — Le service des eaux est très important, car il doit pourvoir aux besoins de l'usine, à ceux des ménages des ouvriers, à l'entretien des voies publiques, et enfin à l'extinction des incendies.

Au commencement de l'année 1860, on prenait l'eau dans un étang d'une capacité de 14500 m^3; mais il fallut bientôt chercher l'eau plus loin. M. Krupp s'est entendu avec la ville d'Essen pour donner de l'eau potable à son personnel, et il se procure le sur-

plus de l'eau nécessaire aux besoins de l'usine et de ses propriétés, dans des puits et dans la Ruhr. L'eau est livrée aux habitants moyennant le paiement d'une somme annuelle calculée à raison de 3 marcs par pièce. Des fontaines sont installées près des baraques et mises gratuitement à la disposition des habitants.

Éclairage. — Plusieurs usines à gaz ont été installées pour éclairer les ateliers, les rues et les logements des ouvriers. Depuis l'année 1876 on éclaire les grands ateliers à l'électricité. En 1900-1901, il existait, dans l'usine Krupp, 933 lampes à arc et 373 électro-moteurs d'une force de 5 551 672 kilowatts.

Service d'incendie. — Le service d'incendie se compose de cent pompiers qui ont à leur disposition un matériel très perfectionné dont ils savent se servir très utilement.

Le chapitre VI traite de l'Assurance sur la vie, des institutions d'épargne, du service des eaux, de l'éclairaige et du service d'incendie.

En outre du volume de planches qui donne les plans détaillés des établissements qui sont nécessaires au fonctionnement de ses institutions de prévoyance et de bienfaisance, M. Krupp nous a remis les statuts et règlements des Caisses de secours, les instructions données aux directeurs, gérants et agents chargés du service; il fait connaître les modèles d'actes qu'il emploie pour louer ses maisons, faire contracter des assurances à ses ouvriers, (maladies, vieillesse, accidents), bref son ouvrage constitue un manuel complet de socialisme pratique.

INDEX

Les documents analysés ci-dessus sont les suivants :

1° Les institutions patronales de l'usine Krupp : statuts, règlements et plans;

2° Guide du visiteur des colonies ouvrières de l'usine Krupp ;

3° Plans des maisons exposées par M. Krupp à l'Exposition de Dusseldorf, avec dessins des cinq mobiliers d'habitations ouvrières primés à la suite du concours ;

4° Développement des habitations ouvrières de l'usine Krupp.

CHRONIQUE

N° 275.

SOMMAIRE. — Le bateau-salon *Lausanne* du lac Léman. — Appareil fumivore pour locomotives. — Les automobiles militaires en Angleterre. — Les grands moteurs à gaz. — Corrosion de l'acier employé dans les constructions.

Le bateau-salon « Lausanne » du lac Léman. — La Compagnie générale de navigation sur le lac Léman a mis en service, l'année dernière, un nouveau bateau-salon portant le nom de *Lausanne*, construit par la maison Sulzer frères, à Winterthur. Nous empruntons la description de ce bateau, qui réunit tous les perfectionnements apportés successivement à la construction de ses prédécesseurs et qui a donné des résultats très remarquables en service, au *Bulletin technique de la Suisse romande.*

Les dimensions principales de la coque sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires	54,00 *m*
Largeur au maître-couple.	6,75 *m*
Creux	2,55 *m*
Tirant d'eau du bateau équipé, à vide.	1,35 *m*

Coque et dispositions générales. — La coque, en tôle et cornières d'acier doux, est divisée en quatre compartiments par trois cloisons étanches. La première de ces cloisons, dite paroi d'abordage, est à 4,90 *m* de l'étrave, la seconde à 19,30 *m* et la troisième à 37,90 *m*.

Entre les deux premières parois se trouvent le salon de seconde classe, un local réservé au restaurateur et une cabine pour le mécanicien. Les chaudières et la machine occupent l'espace situé entre la deuxième et la troisième cloison ; à l'arrière de celle-ci sont des locaux pour le restaurateur et le dortoir de l'équipage.

Sur le pont principal, à l'arrière, s'élève le salon de première classe avec ses annexes, salon pour les dames, toilettes, etc., et office du restaurant. Ce dernier communique, par un escalier de service et un petit monte-plats, avec les locaux situés sous le pont. A l'avant, le pont principal est en partie découvert et en partie couvert par un roof, à l'intérieur duquel se trouve l'escalier qui donne accès au salon de seconde classe.

Vis-à-vis de l'entrée du salon de première classe, un large escalier droit conduit au pont supérieur. La partie centrale de ce pont est couverte par une tente fixe qui met l'escalier à l'abri de la pluie. A l'avant, un fumoir sert en même temps de support à la timonerie, placée ainsi dans une position assez élevée pour dominer tout le bateau.

Les tambours contiennent un bureau pour le comptable, une cabine pour le capitaine, une autre pour l'équipage, la cuisine du restaurant, et des water-closets de deuxième classe pour hommes et dames. L'alimentation d'eau des water-closets et lavabos est assurée par une pompe actionnée par la machine et, pendant les arrêts, par un éjecteur à vapeur.

Eclairage. — Une dynamo à courant continu, commandée par une turbine à vapeur Laval de 10 *ch*, produit le courant nécessaire pour l'éclairage de tous les locaux.

Agrès. — Le bateau est muni de tous les agrès réglementaires, ancres, boussole compensée, canots de sauvetage placés sur les tambours, échelles, bouées, corsets, etc.

Chaudières. — Il y a deux chaudières cylindriques à foyer intérieur et retour de flammes par des tubes de petit diamètre. Il n'y a qu'un foyer par chaudière ; il est en tôle ondulée, soudé à la plaque tubulaire arrière. Les enveloppes sont formées d'une seule feuille de tôle de 18,5 *mm* d'épaisseur, 7,90 *m* de longueur et 3,50 *m* de largeur, pesant environ 3 800 *kg*. Il n'y a ainsi qu'une rivure longitudinale placée dans la partie supérieure de chaque chaudière. Les fonds postérieurs sont plats et reliés à la boîte à feu par des entretoises percées.

Dimensions des chaudières.

Diamètre extérieur	2,40 *m*
Longueur	3,75 *m*
Surface de chauffe totale	192,00 m^2
Surface de grille totale	4,37 m^2
Rapport de la surface de grille à la surface de chauffe. .	1,44 *m*
Timbre	9,00 *kg*

Surchauffeurs. — En 1897 déjà, la Compagnie avait fait installer par MM. Sulzer frères et sur leur proposition, à bord du bateau à marchandises le *Rhône*, un surchauffeur système W. Schmidt. Très satisfaite du résultat obtenu, elle adopta également ces appareils pour le *Lausanne*.

Ces surchauffeurs se composent essentiellement d'un faisceau de tubes en acier, de petit diamètre, qui sont parcourus par la vapeur après sa sortie de la chaudière et avant son arrivée à la machine. Ce faisceau tubulaire est placé dans la circulation des gaz du foyer, à un endroit où la température de ces gaz n'est plus assez élevée pour exposer les tubes à être portés au rouge, mais encore suffisante pour obtenir la surchauffe désirée.

Les chaudières du *Lausanne* sont munies chacune de deux surchauffeurs d'une surface de 12 m^2. La surface totale de surchauffe est ainsi de 48 m^2.

Les petits tubes à fumée sont remplacés, à la partie supérieure des plaques tubulaires, à droite et à gauche de chaque chaudière, par un gros tube de 380 *mm* de diamètre intérieur, dans lequel est logé un faisceau de tubes réchauffeurs. C'est la position qui convient le mieux pour obtenir des températures de la vapeur comprises entre 250 et 300° au maximum, pratiquement utilisables sans difficulté.

Un thermomètre spécial à mercure sert à contrôler continuellement cette température. Un registre permet de régler la circulation des gaz du foyer dans les tubes de 380 *mm*, et, par conséquent aussi la température de la vapeur.

Machine. — Elle est du type Compound, à deux cylindres fixes et inclinés. Les cylindres ont 700 et 1 020 *mm* de diamètre, la course des pistons est de 1,200 *m*. Le rapport des volumes est ainsi de 2,12.

L'emploi de tiroirs de distribution plans étant peu recommandable à cause de la température élevée de la vapeur, au moins pour le cylindre

à haute pression, on a employé, pour ce cylindre, la distribution à soupapes système Sulzer, sans déclic. La distribution du cylindre à basse pression est à simple tiroir.

La commande des organes de distribution se fait par deux excentriques pour chaque cylindre, l'un pour la marche avant, l'autre pour la marche arrière. Les coulisses de changement de marche sont du système Gooch. Celle du cylindre à haute pression est double, une moitié correspondant aux soupapes d'admission, l'autre aux soupapes d'échappement.

La variation du degré d'admission de la vapeur au petit cylindre est obtenue par le déplacement du coulisseau de commande des soupapes d'admission, le coulisseau des soupapes d'échappement restant immobile par rapport à sa coulisse. Une disposition très simple, brevetée par la maison Sulzer, permet de renverser la marche et de varier l'admission à volonté, au moyen d'un seul volant de manœuvre.

La vapeur d'échappement passe par un réchauffeur d'eau d'alimentation avant d'arriver au condenseur. Celui-ci est à injection, avec pompe à air commandée par un excentrique calé sur l'arbre des roues, sur le côté de la machine. L'arbre a un de ses coudes venu de forge, l'autre est formé de deux manivelles rapportées.

Une pompe de cale, commandée par la machine, et un éjecteur dont le tuyau d'aspiration communique, à volonté, avec les divers compartiments de la coque, assurent l'évacuation de l'eau de la cale.

Graissage. — Il faut employer, pour les cylindres, des huiles supportant, sans se décomposer, une température plus élevée que celle de la vapeur surchauffée. Si l'on prend cette précaution, le graissage n'offre aucune difficulté ; la quantité d'huile est même moindre que si la vapeur est saturée. Il faut attribuer cette économie à ce que l'huile n'est pas continuellement entraînée par l'eau de condensation.

Roues. — Leur diamètre, mesuré aux centres d'oscillation des palettes articulées, est de 3,40 *m* ; les aubes en tôle d'acier, au nombre de huit à chaque roue, ont 2,45 *m* de longeur sur 740 *mm* de hauteur.

Stabilité. — Le bateau, terminé au mois de juillet 1900, n'était pas assez stable pour être mis en service. Une transformation, jugée nécessaire, a été exécutée par les constructeurs pendant l'hiver 1900-1901. Elle a consisté en un élargissement de la coque, de 6,40 *m* à 6,75 *m* et un allongement de 52 *m* à 54 *m*.

Le but cherché, d'augmenter la stabilité, a été complètement atteint, comme on le verra plus loin, sans que la vitesse ait été réduite ou la consommation de combustible augmentée.

Courses d'essai. — Le marché prévoyait une vitesse de 26 *km* à l'heure. le bateau lège, avec une consommation de briquettes, première qualité, de 410 *kg*.

Les courses d'essai, effectuées les 9 et 11 mars 1901, malheureusement par le vent, ont donné un résultat sensiblement supérieur.

A la vitesse de 26 *km* (14 milles marins), la machine donnait 48 tours par minute et consommait 380 *kg* de briquettes à l'heure, pour un travail de 560 *ch* indiqués, ce qui correspond à 0,60 *kg* par cheval indiqué

et par heure. D'autre part, il a été facile de porter la vitesse à 27, puis à 28 *km*, les chaudières étant encore suffisantes pour maintenir la pression à cette allure.

Essais de stabilité. — Le bateau étant destiné à porter 850 voyageurs au maximum, on l'a chargé de 64 *t* de sacs de sable, représentant le poids des voyageurs, soit de 31 *t* sur le pont supérieur et 33 *t* sur le pont inférieur, le centre de gravité du chargement étant sensiblement à 1 *m* au-dessus du pont.

Le bateau ainsi chargé, on procéda à une course d'essai pendant laquelle l'admission de la vapeur fut maintenue au même degré que celui qui correspond à la vitesse de 46 *kg*, à lège, soit environ 40 0/0 au cylindre à haute pression. La vitesse, dans ces conditions, a été de 25 *km* en ligne droite et de 22,5 *km* en courbe d'environ 250 *m* de rayon. Pendant ces virages, exécutés avec le gouvernail forcé à fond, le bateau s'est incliné de 3° 20′. Cette expérience, répétée plusieurs fois, a toujours donné le même résultat, considéré comme très satisfaisant.

Le métacentre du bateau lège est à 1,35 *m* au-dessus du centre de gravité ; le bateau chargé, cette hauteur est encore de 0,50 *m*. Avant la transformation de la coque, une expérience de stabilité, faite avec 48 *t* de charge seulement, avait donné 8° d'inclinaison pendant les virages.

Résultats obtenus en service. — Pendant l'année 1901, le *Lausanne* a parcouru 43 471 *km* et consommé 795 *t* de briquettes, soit 18,3 *kg* par kilomètre. D'autres bateaux, de mêmes dimensions, faisant les mêmes services, mais non munis de surchauffeurs, dépensent environ 26 *kg* par kilomètre. L'économie réalisée par les surchauffeurs étant de 12 à 15 0/0, comme des essais comparatifs l'ont démontré, la différence de 7,7 *kg* par kilomètre doit être attribuée non seulement à l'emploi de la vapeur surchauffée, mais aussi au bon rendement de la machine, qui ne consomme que 0,68 *kg* par cheval indiqué et par heure, au rendement des roues dont le recul n'est que de 15 1/2 0/0, à la vitesse de 26 *km*, et enfin aux lignes du bateau.

A vitesse égale, le *Lausanne* consomme moins que d'autres bateaux, beaucoup plus petits, autorisés à porter seulement 300 voyageurs.

Au point de vue de la vitesse, les résultats en service sont également excellents. On peut maintenir facilement 27 *km* et plus, avec un chargement moyen de voyageurs ; on a même constaté, sur un parcours de 17 *km*, une vitesse de 28,4 *km*, la machine tournant à 55 tours et fournissant un travail d'environ 760 *ch* indiqués.

Appareil fumivore pour locomotives — Nous avons signalé, dans la Chronique d'octobre dernier, page 587, au cours de l'analyse d'un discours de M. A. M. Waitt, à la réunion de l'Association des Master Mechanics, l'emploi fait sur le New-York Central and Hudson River R. R. d'un appareil fumivore qui donne d'excellents résultats et fait réaliser une importante économie. On nous saura gré, pensons-nous, de donner sur ce système les détails suivants que nous empruntons au *Railroad Gazette*.

Les sérieux inconvénients de la production de fumée peuvent être appréciés par le grand nombre de systèmes qu'on a proposés pour la sup-

primer ou l'atténuer. Les appareils de chauffage mécanique, les dispositions de foyers, les chambres de combustion, les voûtes en briques, les introductions d'air, les portes perfectionnées, etc., ont été essayés avec plus ou moins de succès. Tous ces systèmes sont basés sur le même principe, savoir : la prévention d'un abaissement brusque de la température du foyer et l'introduction d'une quantité d'air suffisante pour la combustion parfaite du charbon.

Avec la méthode ordinaire de chauffage, on projette dans le foyer une grande quantité de charbon froid qui recouvre la couche de combustible incandescent et abaisse momentanément la température de la boite à feu au-dessous de celle qui correspond à l'inflammation du charbon. L'introduction d'une grande quantité d'air froid par la porte ouverte contribue encore à abaisser la température, en même temps qu'il se produit un violent tirage par les tubes, lequel entraine les particules de charbon très divisées formées par l'éclatement du combustible chauffé brusquement, il en résulte que la cheminée donne passage à des torrents de fumée noire.

Les foyers bien étudiés, avec de grandes chambres de combustion et un chauffage attentif basé sur l'introduction fréquente de faibles quantités de charbon à la fois, atténuent considérablement les inconvénients signalés, mais il faut, en outre, une abondante et bien réglée introduction d'air porté à une température élevée sur le passage des gaz de la combustion au-dessus de la voûte en briques pour assurer une combustion parfaite donnant à la fois la fumivorité et une meilleure utilisation du calorique contenu dans le combustible.

L'appareil dit « Perfection » est basé sur les principes qui viennent d'être développés. Il comporte deux voûtes en briques, l'une dans la position ordinaire s'appuyant contre la plaque tubulaire du foyer; l'autre est placée au-dessus de la porte. La première voûte est portée sur six tubes métalliques traversant la boite à feu dans le sens de la longueur et débouchant à chaque extrémité à l'extérieur en traversant les lames d'eau par une entretoise creuse. L'air extérieur s'introduit dans ces tubes par la face avant du foyer, le mouvement de la machine facilitant cette introduction. L'air s'échauffe dans ces tubes et en sort à l'arrière pour passer par un espace pratiqué contre la plaque arrière du foyer dans des injecteurs qui le lancent sur les gaz passant entre les deux voûtes en briques rapprochées à une distance de 0,40 à 0,45 m. L'air est à une température comprise entre 600 et 800° C. au moment où il rencontre les gaz de la combustion. Cette injection d'air très chaud produit une combustion parfaite. On peut accroître et varier à volonté la quantité d'air injecté par l'emploi de souffleurs à vapeur dans les tubes d'injection.

Cette méthode, après un essai prolongé pendant onze mois, est actuellement employée sur toutes les locomotives neuves du New-York Central et le sera successivement sur toutes les anciennes machines. Nous donnons ci-dessous les résultats obtenus dans des essais faits sur la machine n° 943 de cette Compagnie, sous la direction de M. Fulton, un des inventeurs du système, essais faits pour permettre d'apprécier l'économie réalisée.

TABLEAU A.

FOYER ORDINAIRE				FOYER MODIFIÉ			
Dates	Nombre de wagons	Combustible employé	Combustible par wagon et par kilomètre	Dates	Nombre de wagons	Combustible employé	Combustible par wagon et par kilomètre
		kg	*kg*			*kg*	*kg*
Octobre 5	14,5	11 650	3,46	Octobre 13	16	9 422	2,45
— 7	12,5	10 410	3,62	— 14	13	6 723	2,25
— 8	11,5	9 960	3,74	— 15	12,5	7 020	2,50
— 9	13	9 970	3,32	— 16	12,5	8 335	2,87
— 10	12,5	10 210	3,54	— 17	12,5	7 868	2,73
— 11	12	9 160	3,13	— 18	11.5	8 833	3,33
— 12	13	9 730	3,25	— 20	12	8 552	3,09
TOTAUX. .	89,0	71 090	3,44	TOTAUX. .	90	56 753	2,74

L'économie produite par l'emploi du système ressort à 14 320 *kg*, soit 20 0/0 environ. Nous devons faire remarquer que, dans ce tableau, la fraction de wagon correspond à un wagon transporté à la fraction indiquée de la distance totale.

La machine était, dans les deux cas, conduite par le même personnel. Nous donnons également ci-dessous les résultats d'un autre essai fait, celui-là, sous la direction d'un des Ingénieurs de la ligne et qui correspond peut-être mieux aux conditions de la pratique courante.

TABLEAU B.

FOYER ORDINAIRE				FOYER MODIFIÉ			
Dates	Nombre de wagons	Combustible employé	Combustible par wagon et par kilomètre	Dates	Nombre de wagons	Combustible employé	Combustible par wagon et par kilomètre
		kg	*kg*			*kg*	*kg*
Novembre 4	9	6 310	2,94	Octobre 31	9	6 090	2,82
— 6	11	7 810	3,88	Novembre 1	12	7 090	2,46
— 7	13	8 750	2,83	— 2	12	7 320	2,54
TOTAUX. .	33	22 870	3,02	TOTAUX. .	33	20 500	2,61

La réduction dans la dépense de combustible ressort, dans le second essai, à 2 370 *kg*, soit 14 0/0.

La différence, assez faible d'ailleurs, qui existe entre les deux séries d'essais, ne doit pas empêcher d'admettre que l'appareil expérimenté donne une très réelle économie de combustible. Il réduit, en outre, la production de fumée dans une proportion d'au moins 75 0/0 et l'émission de flammèches de la cheminée dans celle de 90 0/0.

Le journal auquel nous empruntons ces détails donne des dessins suffisamment clairs de cette installation sur le foyer d'une locomotive.

Les automobiles militaires en Angleterre. — Nous trouvons dans l'*Engineering Magazine* des renseignements intéressants sur les résultats obtenus dans les essais d'automobiles faits devant une commission du War Office au mois de février dernier. Le rapport fait par cette commission constitue un document très important sur cette question.

On sait que les essais dont il s'agit étaient limités à des véhicules capables de mettre en mouvement des charges de 5 *t* utiles, dont 3 *t* sur le véhicule et 2 sur une voiture remorquée, sans compter, bien entendu, l'eau et le combustible. Cinq automobiles seulement prirent part aux essais, dont quatre avec moteur à vapeur et une seule avec moteur à combustion intérieure; c'était une voiture avec moteur Daimler. On peut dire dès à présent que les essais furent faits dans le but d'apprécier le fonctionnement des véhicules dans le service de campagne et qu'on chercha à y rencontrer les conditions les moins favorables.

Bien que les meilleurs résultats aient été donnés par les voitures à vapeur, la commission a été toutefois impressionnée par les avantages qu'a montrés la voiture à moteur Daimler au point de vue de la suppression de l'alimentation d'eau et de l'économie de combustible. Seulement l'emploi de matières inflammables comme l'essence ou le pétrole ne peut être admis et on ne peut songer à employer que des huiles lourdes. Cette conclusion serait favorable à l'emploi d'un moteur dans le genre de celui de Diesel et il paraît que cet ingénieur aurait déjà installé une automobile qui, pouvant brûler n'importe quel combustible liquide de densité élevée, serait particulièrement convenable pour le service militaire.

Un autre point très important signalé dans le rapport est le peu d'utilité que présentent les règlements pour la circulation sur les routes pour des véhicules bien étudiés. Cette question présente un très grand intérêt pour le développement de l'emploi des voitures automobiles.

Voici, du reste, quelques extraits du rapport officiel de la commission :

Les essais ont montré que les automobiles à vapeur sont des appareils capables de rendre de grands services pour les transports dans des contrées où on peut trouver facilement du combustible et de l'eau. Toutefois la commission tient à signaler l'avantage que présente pour le service militaire le moteur à combustion intérieure consommant des huiles lourdes, au point de vue de la faible dépense de combustible et de l'indépendance de l'alimentation d'eau. La commission recommande forte-

ment les études qui pourront conduire au développement de l'emploi de ce système.

Les essais ont montré que les voitures automobiles pouvaient transporter des charges de 5 *t* utiles à une vitesse d'environ 10 *km* à l'heure, sur des distances considérables dans un pays accidenté et avec les conditions moyennes des routes anglaises en hiver. La charge qui vient d'être indiquée correspondrait au chargement de trois voitures militaires traînées par douze chevaux sans compter les chevaux de selle de l'escorte et marchant à raison de 5 *km* à l'heure. De plus, le parcours de 320 *km* en six jours consécutifs, dans un pays accidenté, n'aurait pas pu être effectué par des chevaux sans l'assistance de relais.

La commission est d'avis que les essais ont complètement démontré les avantages du transport mécanique dans ces conditions et qu'il est désirable de voir cette expérimentation continuée.

Quant au type de véhicule à adopter, l'expérience acquise dans les essais a conduit la commission à modifier quelque peu ses idées primitives. Dans plus d'une occasion, on a pu constater la gêne que donnait l'emploi d'une voiture remorquée lorsqu'on avait besoin de marcher en arrière. En somme, l'emploi de deux véhicules dont un remorqué ne paraît pas présenter d'avantage et, pour la facilité des manœuvres en campagne, il est préférable de n'employer qu'une seule voiture portant toute la charge. Toutefois pour un genre de travail plus considérable, par exemple pour le transport de grandes quantités d'approvisionnements dans les dépôts, l'usage de puissants remorqueurs pouvant traîner tout un train de voitures sera très utile.

La commission émet le vœu de pouvoir soumettre à des essais une ou plusieurs voitures automobiles établies sur les principes suivants :

Capacité de charge 3 *t*; moteur à combustion intérieure brûlant des huiles lourdes; poids aussi faible que le permettront les conditions d'adhérence; roues de grand diamètre avec jantes larges auxquelles on pourrait adapter rapidement une disposition de parties saillantes pour le cas de terrains marécageux; vitesse pouvant aller jusqu'à 12 à 13 *km* à l'heure; grande surface pour recevoir le chargement.

La commission désire signaler tout particulièrement la démonstration résultant des essais qu'elle a faits de la parfaite innocuité pour les routes de véhicules excédant considérablement les charges et les vitesses imposées par les règlements actuellement en vigueur sur la matière, même lorsque les jantes de ces véhicules sont munies de bandes en saillie, à la condition, toutefois, que les roues aient un diamètre suffisant et des jantes très larges. Il semble actuellement prouvé que les règlements actuels sur la circulation sont inutilement sévères et de nature à empêcher le développement de méthodes très utiles de transport et d'industries très importantes.

La commission désire que ces faits soient portés à la connaissance des autorités compétentes de manière que le remaniement de ces règlements puisse amener l'assimilation des automobiles militaires et commerciales, laquelle est à désirer au point de vue non seulement des moyens de transport, mais aussi à celui du développement général du commerce et de l'industrie du pays.

Les grands moteurs à gaz. — On sait combien l'attention publique fut attirée, à l'Exposition de 1900, par le moteur à gaz de 600 *ch* exposé par la Société Cockerill. Depuis cette époque, la construction de moteurs de ce genre, de grande puissance, a été entreprise par beaucoup de maisons tant en Europe qu'en Amérique.

A la réunion, à Belfast, de l'Association Britannique, M. H.-A. Humphrey a fait une communication sur cette question et est entré dans d'intéressants détails sur le développement de la construction des moteurs à gaz de 200 *ch* et au-dessus. La limite de la puissance de ces moteurs s'accroît sans cesse, et on peut en citer cet exemple remarquable que la Société Cockerill qui exposait en 1900 un moteur de 600 *ch*, en construit actuellement un de 2 500 *ch* et en étudie un de 5 000.

Le développement de la construction de ces moteurs est intimement lié avec les progrès réalisés dans la production du combustible gazeux; ainsi les premiers moteurs à gaz de plus de 400 *ch* construits en Angleterre fonctionnent avec le gaz Mond, tandis que la plupart des grands moteurs continentaux ont été établis pour marcher au gaz de hauts fourneaux.

En août 1902, les deux principales maisons qui s'occupent en Angleterre de la construction de ces moteurs avaient livré ou avaient en main 51 moteurs à gaz de puissances comprises entre 200 et 1 000 *ch*. L'une d'elles, MM. Crossley frères, de Manchester, figurait dans le total pour 28 moteurs d'une puissance collective de 8 300 *ch*, soit en moyenne 296 *ch* par machine et l'autre, la Premier Gaz Engine C°, de Sandiacre, Nottingham, pour 23 machines de 9 300 *ch* en tout, soit en moyenne 404 *ch*. La puissance collective des 51 moteurs atteignait 17 600 *ch*, dont 12 500 étaient destinés à la commande de dynamos.

Il y a certes là une preuve évidente du progrès rapide de ce genre de moteurs, mais il faut sortir de l'Angleterre pour voir des exemples d'une énorme extension de la puissance de ce genre de machines. Si on laisse de côté les forces au dessous de 200 *ch*, on trouve que MM. Körting frères et leurs concessionnaires de licences ont livré ou ont en construction 32 moteurs d'une puissance collective de 44 500 *ch*, soit en moyenne 1 390 *ch* par machine. La Société John Cockerill, à Seraing, et ses concessionnaires de licences viennent ensuite avec 59 moteurs d'une puissance totale de 32 950 *ch*, soit une moyenne de 558 *ch* par machine. La Gazmotoren Fabrik, de Deutz, vient au troisième rang avec 51 machines d'un total de 20 665 *ch*, soit en moyenne 400 *ch* et est suivie par la Deutsche Kraftgas Gesellschaft et ses porteurs de licences pour les brevets Oechelhauser, avec 28 machines donnant une puissance totale de 16 900 *ch*, ou en moyenne 600 *ch* par machine. Ces quatre maisons et quelques autres fournissent un total de 327 moteurs de 181 605 *ch* de puissance collective.

Si les États-Unis sont restés en retard de l'Europe pour l'adoption des grands moteurs à gaz, ils semblent vouloir regagner le temps perdu. La De la Vergne Refrigerating Machine C°, de New-York, qui a pris une licence pour la construction des moteurs Körting, a reçu une commande pour 16 moteurs donnant chacun 2 000 *ch* au frein, soit en tout 32 000 *ch*, et les Lakawanna Steel Works ont commandé à la même maison 5 mo-

teurs de 1 000 *ch* pour actionner directement des dynamos. C'est seulement une question de temps pour que l'Amérique prenne la tête de la construction des grands moteurs à gaz, et une maison de Buffalo, les Snow Steam Pump Works, a livré récemment 6 moteurs de 1 000 *ch* et termine en ce moment deux nouveaux compresseurs mus par des moteurs à gaz de 4 000 *ch* chacun à livrer, le premier fin novembre, et l'autre en janvier 1903.

La Westinghouse Machine and Manufacturing C°, de East Pittsburg, a fait des moteurs de 1 500 *ch* et se prépare à en construire de forces supérieures allant jusqu'à 3 000 *ch*.

Les grands moteurs construits jusqu'ici ne diffèrent pas essentiellement dans leurs détails des machines plus petites des mêmes constructeurs, sauf pour des parties que doit forcément modifier l'augmentation des dimensions.

Ainsi, le cycle à quatre temps de Beau de Rochas est toujours le plus employé comme le plus simple, et on a introduit diverses combinaisons de cylindres multiples pour obtenir un plus grand nombre d'impulsions par tour de l'arbre à manivelles.

Les emplois qu'on donne aux grands moteurs à gaz se partagent à peu près également entre les souffleries de hauts fourneaux et la commande des dynamos pour distribution générale de force.

Les statistiques dressées par M. Humphrey pour des moteurs de plus de 200 *ch*, en service ou en construction, indiquent un total de 99 000 *ch* pour commande de dynamos, et de 82 650 pour les autres usages.

L'extension de l'emploi des grands moteurs à gaz est, sans aucun doute, le résultat de l'économie qu'ils réalisent sur les machines à vapeur. Cette économie tient, non seulement au rendement théorique supérieur du moteur lui-même, mais encore au fait qu'il peut s'accommoder de combustibles impropres à fournir de la vapeur. Ainsi, on a longtemps brûlé les gaz de hauts fourneaux sous les chaudières pour produire la force nécessaire pour souffler le vent et pour d'autres usages, mais l'emploi direct de ces gaz dans les moteurs a l'avantage de supprimer les chaudières et de laisser une importante partie de la force réalisée disponible pour d'autres usages.

On peut, en outre, produire du gaz pour la force motrice avec des combustibles trop inférieurs pour être employés avantageusement à faire de la vapeur, et l'obtention de sous-produits vient encore réduire le prix de revient de la puissance et assurer la supériorité du combustible gazeux sur le combustible solide.

Corrosion de l'acier employé dans les constructions. — Il a été procédé au laboratoire d'expériences des Compagnies d'assurance, à Boston, à d'intéressantes recherches sur la corrosion de l'acier employé dans les constructions. Nous donnons ci-après le rapport fait par M. Ch. L. Norton sur les résultats de ces recherches.

Il n'est pas douteux que l'humidité et l'acide carbonique ne soient les éléments actifs de la rouille du fer, mais on ne sait à peu près rien sur le rôle prépondérant joué par l'un ou par l'autre. On suppose que la

formation d'une légère couche de rouille sur la surface du métal est le début d'une action continue dans laquelle l'oxyde de fer amène l'oxygène de l'air sur le métal sous-jacent. On admet par là que la vapeur d'eau et de l'air contenant une proportion d'acide carbonique suffisent pour commencer l'attaque, mais on n'a pas de notions sur le taux de progression de celle-ci. Il est très probable que dans des milieux relativement secs, cette attaque est très lente.

Il n'y a aucune difficulté à admettre la facilité d'accès que rencontrent, en général, l'air et l'humidité pour arriver au métal. Si celui-ci est noyé dans les murs d'un bâtiment, ce qui est presque toujours le cas, les changements de température d'une époque à l'autre et les différences des températures des deux faces du mur amènent des condensations de la vapeur et par suite des dépôts d'humidité sur les murailles. D'un autre côté, l'acide carbonique est abondant dans l'atmosphère des grandes villes où les charpentes métalliques sont le plus employées.

Si les murs sont en briques ou en pierres, l'humidité et l'acide carbonique pénètrent par les joints et même, plus ou moins, par les pores des matériaux. Les pierres sont généralement assez peu pénétrables pour que cet effet soit sensible, mais il est d'autres matériaux plus perméables ; ainsi, la terre cuite est très susceptible d'absorber l'humidité. Le béton, fait avec du ciment de Portland et du sable, des cendres ou des pierres cassées, semble devoir mieux protéger le fer, et cependant on constate assez souvent la corrosion de fer ou d'acier noyé dans du béton.

Des recherches sur l'action du béton de ciment de Portland sur l'acier ont été commencées sous la direction de l'auteur, par M. P.-C. Pearson, en décembre 1901 ; on trouvera plus loin les résultats donnés par ces recherches et par d'autres plus récentes.

Il a été avancé par quelques Ingénieurs que la nature alcaline du ciment de Portland constituait une garantie suffisante de son action protectrice sur le métal. On raisonnait par assimilation à l'action des solutions alcalines pour empêcher la formation des dépôts dans les chaudières. Mais le fait de la corrosion rapide d'acier noyé dans du béton, constaté dans certains cas, alors que, dans d'autres, l'immunité avec le même béton a duré depuis plus de dix ans, infirme singulièrement cette théorie. Les recherches ont porté, non sur le point de savoir si le ciment protège ou non l'acier, mais sur celui d'expliquer les cas d'attaque bien constatés et d'en trouver le remède.

L'examen attentif de plusieurs cas où du métal déployé avait été noyé dans du béton, a montré très clairement que la rouille a commencé à se produire toutes les fois qu'il s'est produit dans le béton des fissures pénétrant jusqu'au métal, quelque fines que fussent ces fissures.

Il semble que le caractère alcalin du ciment devrait suffire pour prévenir la corrosion sur la surface humide du métal, mais il n'en est pas toujours ainsi.

Pour procéder d'une manière méthodique, on a choisi deux marques américaines de ciment de Portland, les marques Alpha et Lehigh ; deux espèces de cendres, l'une provenant d'une raffiinerie de sucre, l'autre des locomotives du Boston and Albany R. R. ; un sable de plage bien

propre et de la pierre cassée dure et également bien propre, dont la plus grande partie était composée de fragments de silex et de trap. Le béton fabriqué avec ces matériaux a été moulé en briques de 75 × 75 × 200 *mm*, contenant au centre les échantillons d'acier.

On a soumis d'abord aux essais, les mélanges suivants : ciment pur ; 1 de ciment contre 3 de sable ; 1 de ciment pour 5 de pierres cassées et 1 de ciment pour 7 de cendres. Toutes les briquettes ont été faites en double, les unes avec le ciment d'une marque, les autres avec celui de l'autre marque.

On a fabriqué ensuite des briquettes avec 1 partie de ciment pour 2 de sable et 5 de cendres et d'autres avec 1 de ciment pour 2 de sable et 5 de pierres cassées.

Les ciments avaient été soumis à des essais physiques et chimiques ; les cendres, bien lavées à grande eau et séchées, ont donné à l'analyse une réaction nettement alcaline avec l'indication de traces de soufre. Les pierres avaient été bien lavées. Les éléments constitutifs du béton avaient été mélangés à l'état sec et, une fois humectés, mélangés de nouveau et pilonnés jusqu'à ce que l'humidité ressortit à la partie supérieure.

Le nettoyage du métal était la partie la plus délicate des essais. Les fragments d'acier étaient d'abord décapés dans de l'acide sulfurique étendu, puis plongés dans un lait de chaux chauffé ; une fois les pièces refroidies, la chaux était enlevée avec une brosse de fils métalliques. Ce traitement donnait une surface bien propre et brillante ; on pouvait alors noyer le métal dans le béton.

L'acier employé était sous forme de barres rondes de 150 *mm* de longueur sur 6 de diamètre, de fragments de tôle de 150 × 25 *mm*, sur une épaisseur de 0,7 *mm* et de bandes de métal déployé de 150 × 25 *mm*. On plaçait une de chacune de ces pièces dans chaque briquette. Comme le temps ne permettait pas de soumettre ces échantillons aux conditions atmosphériques naturelles, on les plaçait dans de grandes boites de fer-blanc bien fermées et dans un quart de leur nombre total, on envoyait de la vapeur, de l'air et de l'acide carbonique, dans un autre quart de la vapeur et de l'air, dans un troisième de l'air et de l'acide carbonique, et enfin le dernier quart restait sur la table du laboratoire à titre de témoin.

Avant de commencer ces essais, on immergeait dans l'eau pendant un jour la moitié des boites.

Au bout de trois semaines, on ouvrit les boites et on en retira les briquettes qui furent coupées avec soin, de manière à permettre d'apprécier l'état du métal et de le comparer avec des échantillons du même acier placés dans les boites à côté des briquettes. Disons tout de suite que le métal protégé par du ciment pur fut trouvé parfaitement intact avec la surface brillante comme à l'origine.

Les pièces de métal non protégées, contenaient plus d'oxyde que d'acier. Quant aux autres échantillons contenus dans les briquettes, pas un, pour ainsi dire, n'avait échappé à la corrosion. La place de l'oxydation correspondait invariablement avec un vide dans le béton ou à des

cendres fortement imprégnées d'oxyde de fer. Dans les mélanges poreux, l'acier était alternativement brillant et fortement oxydé, les deux parties nettement tranchées. Dans les bétons de cendres, soit compacts soit poreux, on trouvait beaucoup de places oxydées, sauf lorsque le béton avait été mélangé à l'état très humide, auquel cas le ciment à l'état liquide avait recouvert le métal comme une peinture et l'avait préservé de l'oxydation. Quelques briquettes faites en second lieu, de cendres finement broyées et de ciment en proportions variables, ont, après exposition à l'humidité et à l'acide carbonique, montré l'action protectrice exercée par le ciment même dans une masse poreuse, 1 de ciment pour 10 de cendres, pourvu qu'il n'existât pas de fissures ou de vide entre le béton et l'acier.

De l'examen dont il vient d'être question, on peut déduire les conclusions suivantes :

1° Le ciment de Portland seul, même en couche mince, protège efficacement le métal contre la corrosion ;

2° Les bétons, pour avoir une action protectrice réelle, doivent être compacts et ne présenter ni vides intérieurs, ni fissures. On doit mélanger les matériaux avec assez d'eau avant de les appliquer sur le métal ;

3° La corrosion constatée avec les bétons de cendres est due principalement à la présence, dans les cendres, d'oxyde de fer, et la présence du soufre ne paraît pas y avoir de part ;

4° Le béton de cendres, à la condition qu'il soit exempt de vides et qu'il soit bien comprimé à l'état humide, est aussi efficace que le béton de pierres cassées pour préserver le métal de l'oxydation ;

5° Il est de la plus sérieuse importance que la surface de l'acier soit parfaitement nette avant que le métal soit noyé dans le béton. Le grattage, le décapage, l'emploi du jet de sable doivent être employés pour ce nettoyage.

Quant aux peintures à employer pour l'acier, on est loin d'être d'accord à ce sujet. Il paraît peu probable qu'aucune de celles qui ont été proposées vaille une couche de ciment, car, si la peinture vient à se désagréger, elle laisse un vide entre le métal et le béton, ce qui est la plus mauvaise condition possible pour la conservation du métal.

L'auteur a eu occasion de voir récemment des barres d'acier restées à l'air pendant les travaux de reconstruction d'un édifice âgé de cinq ans seulement. On pouvait constater que le métal était déjà rouillé lorsqu'il avait reçu la couche de peinture et que l'humidité avait traversé celle-ci, ce qui avait amené à la fois l'extension de l'oxydation et la désagrégation de la peinture. L'acier avait été noyé dans la maçonnerie de briques sans autre moyen de protection qu'une simple couche de peinture.

L'auteur est d'avis qu'il est absolument nécessaire d'appliquer sur les surfaces de l'acier employé dans les constructions une couche de ciment avant de recouvrir le métal de béton, briques, poteries, etc., pour prévenir l'oxydation et, par suite, l'altération de ce métal. La couche peut être très mince, l'essentiel est qu'elle soit continue et sans gerçures. Les surfaces métalliques doivent être parfaitement nettes. Il est

certain, toutefois, que si, pour une raison quelconque, on ne peut employer que la peinture comme moyen de protection, cela vaut mieux que rien. M. Pearson a suggéré l'emploi d'une couche de ciment pour protéger le dessous des ponts métalliques de chemins de fer contre l'action oxydante des gaz et des cendres projetées par la cheminée des locomotives; ce procédé mériterait d'être essayé. Les renseignements ci-dessus proviennent de l'*Iron Age*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

OCTOBRE 1902.

Léonard de Vinci, peintre, ingénieur, hydraulicien, par M. A. RONNA.

La première partie de ce travail considérable, qui est donnée dans le Bulletin dont nous nous occupons, est consacrée à la vie de Léonard de Vinci, né en 1452 et mort en 1519. L'auteur indique au début que cette étude fait partie d'un ouvrage en préparation intitulé : *Histoire de l'Hydraulique et des Hydrauliciens en Italie, du XIe au XIXe siècle.*

Sur les inconvénients de la teinture au chromate de plomb, par LECLERC DE PULLIGNY.

Les propriétés vénéneuses du chromate de plomb ont été signalées depuis longtemps, mais on l'emploie toujours pour certains usages, par exemple, pour la teinture des textiles servant à la fabrication de la passementerie et des ornements d'église, bien qu'on l'ait remplacé dans la plupart des autres applications par des couleurs jaunes artificielles dérivées des anilines ou des alizarines.

L'auteur indique une réaction qui pourrait peut-être fournir une solution du problème. Elle consiste à préparer un chromate de zinc nuance citron par la double décomposition du bichromate de potasse par l'oxyde de zinc. On est en droit, en effet, de supposer que les chromates de zinc possèdent, autant et plus que les sels de plomb, les qualités qui font rechercher ces produits toxiques pour les usages dont il a été question plus haut, qualités qui sont : une grande résistance à l'action de la lumière et de l'humidité et un certain pouvoir antiseptique qui défend les tissus contre l'attaque des insectes.

Les sels de zinc étant complètement inoffensifs pour la santé de l'homme et des animaux, il serait à désirer qu'on soumît à l'expérience cette substitution dans le but d'assainir une industrie jusqu'ici réputée insalubre.

Notes sur les locomotives, par M. Ed. SAUVAGE *(suite)*.

Cette partie traite des locomotives à essieux indépendants et des locomotives à deux essieux couplés. On y trouve la description des types les plus récents de locomotives appartenant à ces deux classes.

Notes de mécanique. — On trouve parmi ces notes, une étude sur la surchauffe de l'acier doux, d'après M. Heyn, une sur les progrès récents des grands moteurs à gaz, et la description d'appareils pour l'étude des moteurs à l'école municipale de technologie de Manchester.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

2e trimestre de 1902.

Les automobiles, par M. Forestier, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Cet important travail est présenté comme extrait du Rapport du Jury de la classe 30 à l'Exposition universelle de 1900. Il commence par un historique succinct des débuts de l'automobilisme, en partant, comme toujours, de Cugnot, et passe ensuite en revue les dispositifs divers imaginés par les divers inventeurs pour arriver à placer sur le véhicule un moteur :

1° Aussi léger et aussi peu encombrant que possible;

2° Utilisant une source d'énergie légère, peu volumineuse et facile à renouveler en cours de route;

3° Susceptible de pouvoir développer une puissance variable avec les nécessités de la circulation.

En dehors de la force motrice, le rapport examine divers autres points également très importants, l'appareil de direction, le freinage, la transmission, etc.

L'auteur décrit les divers types de voitures automobiles établis pour les diverses applications et avec différents moteurs, et termine par quelques chiffres destinés à faire apprécier l'importance de l'industrie de la fabrication des automobiles en France et les progrès qu'elle a faits.

Ainsi, en 1899, l'importation s'élevait à 1 750 000 *f* et l'exportation à 4 260 000 *f*, alors qu'en 1900, l'importation était tombée à 510 000 *f* et l'exportation s'était élevée à 9 400 000 *f*.

Note sur l'aqueduc de l'Avre et le réservoir parisien de Saint-Cloud, par M. Bret, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Les sources captées, au nombre de six, sont à 100 *km* de Paris et à une altitude moyenne de 150 *m*; leur débit oscille entre 120 000 et 52 000 m^3 par jour.

L'aqueduc d'amenée a 102 100 *m* de longueur jusqu'au réservoir de Saint-Cloud, avec une chute totale de 39,38 *cm*; il est formé de deux sections, l'une de 1,70 *m* de diamètre avec une pente de 0,40 *m* par kilomètre, et l'autre de 1,80 de diamètre avec 0,30 *m* de pente par kilomètre. Sur cette longueur totale, il y a 62 200 *m* en tranchées, 25 460 *m* en souterrains, 7 480 *m* en neuf siphons et 3 900 *m* en relief couverts ou sur arcades. Il est formé d'une maçonnerie annulaire de 0,20 *m* d'épaisseur en général, avec enduit de ciment de Portland à l'intérieur. Le plus grand souterrain, situé entre Versailles et Saint-Cloud, a 7 300 *m* de longueur.

Le réservoir de Saint-Cloud, nécessité par la variation de la consommation et de l'alimentation journalières, a une capacité de 267 500 m^3 correspondant au débit moyen de l'aqueduc pendant trois jours. Il occupe une superficie de 66 300 m^2, est établi partie en remblai et partie en déblai, étant divisé en trois compartiments.

Le radier, d'une épaisseur moyenne de 0,35 *m*, porte les piliers de 0,50 *m* de côté (section carrée) espacés de 5 *m*, sur lesquels reposent des voûtes d'arête. Ces voûtes sont recouvertes d'un remblai en terre.

L'eau est amenée du réservoir à Paris par une conduite de 1,50 *m* de diamètre en acier qui franchit la Seine sur un pont métallique spécial de cinq travées de 36,20 *m* de portée chacune, avec piles et culées en maçonnerie.

La dépense totale s'est élevée à 37 millions de francs, dont 15 environ pour la construction de l'aqueduc, 8 pour celle du réservoir et pour l'adduction des eaux entre le réservoir et Paris, et 13 pour les acquisitions de sources, achats de terrains et indemnités. Ces prix correspondent à 346 *f* par mètre linéaire d'aqueduc, ou 3,14 *f* par mètre d'aqueduc et 1 000 m^3 d'eau amenée journellement.

Le maréosiphon. — Appareil automatique de préservation contre les inondations de marée, par M. G. Willems, Ingénieur provincial à Malines.

On emploie généralement des portes de flot ou des clapets pour empêcher les inondations fortuites que la marée peut produire, mais ces appareils ont deux défauts capitaux: l'un est d'agir avec trop peu d'énergie, l'autre d'empêcher l'accès de la marée qui est utile dans certains cas, par exemple, au point de vue de l'hygiène et de l'agriculture.

Le desideratum à réaliser serait donc le suivant : laisser les marées librement remonter dans le cours d'eau jusqu'à la cote voulue pour ne pas causer de préjudices, et barrer l'arrivée de l'eau, dès que cette cote est atteinte et pendant tout le temps que cette hauteur persiste.

L'auteur a établi pour la fermeture d'un égout, à Duffel, un appareil destiné à remplir ce programme. Dans cet appareil, le clapet qui doit fermer la communication est relié par un balancier avec un flotteur placé dans un puits adjacent. Sans entrer dans le détail de la disposition, on conçoit que les choses peuvent être arrangées pour que le clapet se manœuvre seulement à certaines positions du flotteur, positions correspondantes à certaines cotes de hauteur de la marée. *(A suivre.)*

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Septembre-Octobre 1902.

District de Bourgogne.

Réunion du 15 juin 1902 à Montceau-les-Mines.

Communication de M. de Morgues sur **les essais des câbles de mines.**

L'auteur indique d'abord quelles sont les difficultés que l'on éprouve dans les essais des câbles métalliques, dont la principale est l'amarrage du câble ; il décrit ensuite les essais qu'il a entrepris pour vérifier les diverses formules employées. Ces essais ont été faits sur une vingtaine

de câbles neufs. Il décrit également les essais effectués sur différents points d'un câble retiré du service par suite d'accident et les essais comparatifs sur câbles plats faits en une ou deux parties. Il étudie enfin l'influence des flexions à laquelle la formule employée dans le district de Dortmund donne une grande importance.

Communication de M. Bouchard sur **les machines employées aux mines de Blanzy pour essayer les câbles.**

Ces machines sont au nombre de trois : une machine de 100 *t* pour l'essai à la traction, une machine de 25 *t* pour l'essai à la traction et à l'allongement, et une machine pour l'essai à la flexion.

Les deux premières reposent sur le même principe: la traction directe au moyen d'amarres spéciales sur le morceau de câble à essayer; dans la troisième, les essais de flexion se font en saisissant un bout de fil à essayer entre deux mâchoires arrondies sur un faible rayon. L'autre bout est pris dans un étau mobile dans un plan perpendiculaire à la ligne de contact de ces mâchoires tournant autour d'un axe passant par cette ligne. Un dispositif spécial permet de lire le nombre de tours effectués par ce dernier étau jusqu'à la rupture du fil.

Communication de M. Piffaut sur **l'atelier de triage et de criblage** du puits n° 2 des mines de Perrecy.

L'anthracite exploité à Perrecy est difficile à trier parce que, la couche principale renfermant des intercalations de grès ou de schistes d'épaisseur très variable, le charbon est fortement mélangé de matières étrangères. Dans les conditions rencontrées, la séparation des diverses qualités ne pourrait pas être opérée par lavage, et on est obligé de recourir au triage à la main mais en cherchant à donner aux trieurs toutes les facilités possibles pour l'exécution de ce travail délicat.

Une des parties les plus intéressantes est l'emploi du transporteur Kreiss, consistant en un couloir horizontal en tôle, supporté par une série de ressorts à lames de bois parallèles et recevant d'un arbre coudé un mouvement alternatif longitudinal rapide et de faible amplitude. De plus, ce mouvement de progression par soubresauts paraissant, a priori, devoir être très favorable au criblage, si le fond du couloir, au lieu d'être plein, est constitué par des tôles perforées, on a, après quelques essais, réalisé, avec un seul appareil, le criblage, le transport et la répartition des produits calibrés sur des tables fixes de triage.

Communication du même auteur sur **les arrêts de sûreté maintenant les berlines dans les cages.**

La disposition décrite fait que la cage ne peut être enlevée du fond avant que le signal de marche ait été donné par l'encageur, et celui-ci ne peut sonner tant que les arrêts n'ont pas été refermés; ceux-ci ne peuvent être refermés que lorsque les berlines occupent exactement la place qui leur est assignée dans la cage; enfin les arrêts ne peuvent s'ouvrir d'eux-mêmes en cours de marche.

La séance est suivie d'une visite du puits n° 2 des mines de Perrecy, où se trouvent les appareils décrits plus haut.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 43. — *25 octobre 1902.*

Nouveaux ateliers de chaudronnerie de la Société Alsacienne de Construction mécanique à Mulhouse.

Les établissements de la Gutehoffnungshütte, à Oberhausen et Sterkrade, par Fr. Frölich *(suite)*.

Exposition de Dusseldorf. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite)*.

Les locomotives de l'époque actuelle, d'après l'Exposition de 1900 à Paris, par G. Brückmann *(suite)*.

Exposition de Dusseldorf. — Applications de l'électricité aux mines et à la métallurgie, par H. Hoffmann *(suite)*.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Étude sur les minerais de zinc.

Revue. — Transbordeur électrique pour le passage des wagons de la voie normale sur voie étroite. — Appareil Georgoff pour régler le serrage des freins. — Le yacht à vapeur *Arrow*.

N° 44. — *1er novembre 1902.*

Fabrique de ciment de Portland de Djatkowo, par C. Naske.

Entrepôt frigorifique à Berlin, par C. Linde.

Exposition de Dusseldorf. — Constructions métalliques, par O. Leitholf *(suite)*.

Exposition de Dusseldorf. — Les appareils de levage, par A. Ernst *(suite)*.

Nouvelles machines-outils, par F. Bock *(suite)*.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Construction d'un ballon dirigeable.

Groupe de la Lenne. — Fabrication de la cellulose.

Bibliographie. — Construction électro-mécanique, par G. Kapp.

Revue. — Fermeture de l'Exposition de Dusseldorf. — Projet d'un chemin de fer monorail à Berlin. — Wagon d'expériences du Lancashire-Yorkshire Ry. — Quatrième réunion générale de la Société allemande d'acétylène.

N° 45. — *8 novembre 1902.*

Gazogène à aspiration, par A. Langen.

Exposition de Dusseldorf. — Applications de l'électricité aux mines et à la métallurgie, par H. Hoffmann *(suite)*.

Les établissements de la Gutehoffnungshütte, à Oberhausen et Sterkrade, par Fr. Frölich *(suite)*.

Exposition de Dusseldorf. — Les machines-outils, par H. Fischer *(suite)*.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Expériences sur la production du diamant artificiel. — Tramways de Dessau.

Bibliographie. — Construction des arbres à manivelles à un ou deux coudes.

Revue. — Pratique des ateliers américains, par F. O. Wannieck.

N° 46. — *15 novembre 1902.*

Construction du tunnel du Simplon, par P. Möller.

Exposition de Dusseldorf. — Les chemins de fer et les moyens de transport, par M. Buhle *(suite).*

L'analyse chimique, comme moyen d'apprécier la valeur des matières, par O. Knaudt.

Vingt-cinquième réunion annuelle du groupe wurtembergeois des Ingénieurs allemands et inauguration du monument de Daimler, à Cannstatt.

Bibliographie. — Les câbles métalliques, par J. Hrabak.

Revue. — Locomotive électrique à grande vitesse, de Siemens et Halske.

N° 47. — *22 novembre 1902.*

Le croiseur protégé *Bogatyre.*

Exposition de Dusseldorf. — Appareils pour le broyage, la préparation, le transport et le déchargement des minerais, etc., par H. Rasch *(suite).*

Les établissements de la Gutehoffnungshütte, par Fr. Frölich *(suite).*

Nouveaux progrès dans la construction des locomotives, par von Borries *(suite).*

Ventilation des locaux intérieurs dans les navires de guerre, par O. Kretschmer.

Expériences au frein sur une turbine, par C. Herschel.

Note sur la même question, par Pfurr.

Groupe de Berg. — Responsabilité des entrepreneurs.

Groupe de Dresde. — Amélioration de la fonte par la Thermit.

Revue. — Emploi de l'électricité pour les machines d'extraction, par H. Hoffmann. — Le vapeur *Prinz August Wilhelm.*

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :
A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

IVe SECTION

L'industrie des résines (1), par E. Rabaté.

L'auteur décrit cette industrie peu connue, qui rappelle, sous beaucoup de rapports, celle de la raffinerie de pétrole ; mais cette dernière est beaucoup plus perfectionnée, tandis que la première, limitée à un très faible tonnage, en est restée presque aux procédés rudimentaires d'il y a quarante ans.

L'auteur décrit les appareils de distillation, tant à feu nu qu'à la vapeur, et le mode d'analyse des produits obtenus, essences, colophanes, huiles de résine, térébenthines, et donne des détails fort intéressants sur la culture des arbres à résine, la récolte et le rendement commercial.

Marcel Delmas.

Ve SECTION

La télégraphie sans fils : *Son état actuel et ses chances d'avenir, d'après les essais transatlantiques de Marconi* (2).

Cette petite brochure in-16 d'allure très modeste, n'est que le tirage à part d'une série d'articles parus sur cette intéressante question de la télégraphie sans fils, dans la *Revue d'électricité*, de Berne.

Elle n'en est pas moins fort intéressante à consulter pour tous ceux qui s'intéressent à ce merveilleux progrès de la science moderne, dont les applications sont innombrables et peuvent rendre des services signalés dans certains cas, comme pour la correspondance en mer.

Le distingué praticien qui a écrit ces articles, et conserve beaucoup trop modestement l'anonymat, a employé un style clair, persuasif, à la portée de tous, et son travail est le plus documenté que nous connaissions sur ce sujet. Tous les brevets, toutes les recherches, tous les progrès y sont indiqués avec leurs dates précises, leurs principales conséquences pratiques, et constituent un memorandum précieux pour les chercheurs.

Inutile de dire que l'auteur croit fermement au grand avenir de la télégraphie sans fils ; la brochure qu'il vient de composer contribuera certainement à cette utile propagande et l'on ne peut que l'en féliciter.

Auguste Moreau.

(1) In-8°, 190 × 120, de 180 pages avec 38 fig. Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie, 1902. Prix, broché : 2,50 *f*.

(2) Office polytechnique d'édition et de publicité, à Berne (1902).

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 22010-11-02. — (Encre Lorilleux).

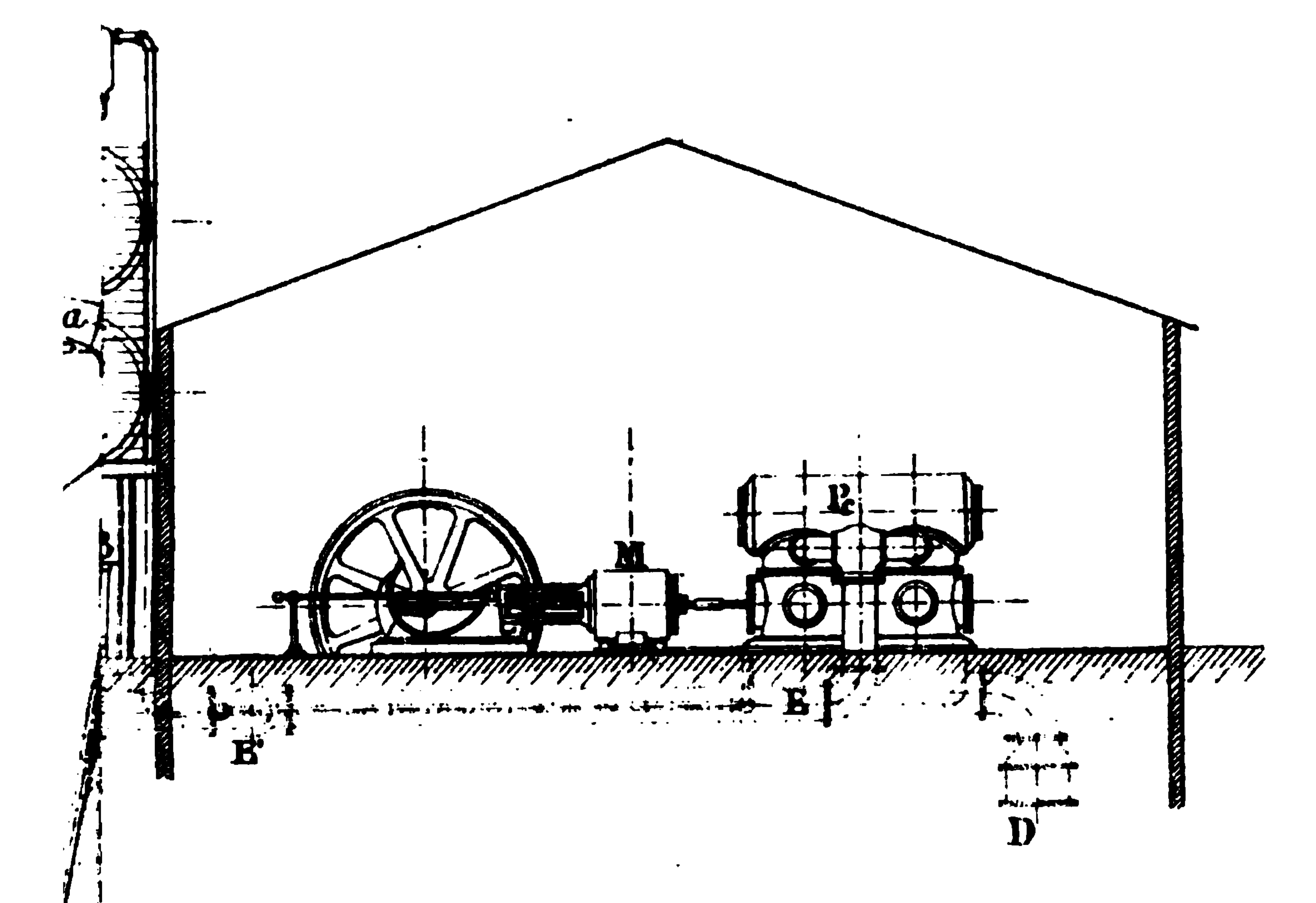
4. — C ère Büttner

le dinale

Fig. 15

sseldorf (*Balke et Cie, à Bochum*)

Fig. 12. - Coupe longitudinale



LÉGENDE

- **A** Arrivée de la vapeur d'échappement des machines.
- **S** Séparateur d'eau grasse.
- **C** Double condenseur à surface.
- **E** Arrivée de l'eau de circulation du condenseur à surface.
- **E'** Sortie de l'eau de circulation du condenseur à surface pour aller aux réfrigérents.
- **M** Machine à vapeur compound actionnant en tendem les différentes pompes de la condensation.
- **P_c** Pompe de circulation.
- **P_a** Pompe à air.
- **P_h** Double pompe pour l'extraction de l'eau condensée du condenseur à surface et pour l'extraction de l'eau grasse du séparateur S.
- **B** Bâche cloisonnée dans laquelle est refoulée l'eau condensée qui achève de se dégraisser et servant à l'aspiration des pompes alimentaires.
- **R** Retour des réfrigérents.
- **D** Aspiration de la pompe de circulation.

L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

DÉCEMBRE 1902

N° 12.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de décembre 1902, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

VILLARD (Th.). — *Les fleurs à travers les âges et à la fin du XIXe siècle*, par Th. Villard. Ouvrage honoré du prix Joubert de l'Hyberderie, par la Société nationale d'Agriculture de France. Reproduction d'aquarelles de Madeleine Lemaire. Notes horticoles et botaniques résumées avec le concours de M. Maxime Cornu et de M. A. Chargueraud. Préface de Jean Aicard (in-4°, 320 × 225, de 261 p. avec 51 pl.). Paris, Hachette et Cie, Armand Magnier, 1900 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42362

Astronomie et Météorologie.

Jahrbücher der K. K. Central-Anstalt für Meteorologie-und Erdmagnetismus. Officielle Publication. Jahrgang 1902. Neue Folge XXXIX Band (in-4°, 300 × 235, de 144 p.). Wien, Wilhelm Braumüller, 1902. 42361

Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages. N° 11, Tokyo, 1902 (in-8°, 255 × 185, de 95 p. avec 4 pl.). Tokyo, Tokyo Printing Company Limited, 1902. 42348

Chemins de fer et Tramways.

Annuaire Marchal des chemins de fer et des tramways. Rédigé d'après les documents officiels. *1902, 17e année* (in-8°; 250 × 160, de XIX-1 143 p.). Paris, Vve Ch. Dunod. 42345

Barbillion (L.) et Griffisch (G.-J.). — *Traité pratique de la traction électrique*, par MM. L. Barbillion et G.-J. Griffisch. *Tome I* (in-8°, 285 × 190, de XVI-752 p. avec 514 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1903 (Don de M. G.-J. Griffisch, M. de la S.). 42371

Francq (V.). — *Le distributeur de sable, système Francq applicable aux locomotives des chemins de fer et tramways, fonctionnant par action mécanique et pneumatique* (in-4°, 275 × 220, de 6 p. avec 4 fig.). Bois-Colombes, Francq Victor (Don de l'auteur). 42372

Proceedings of the First Annual Convention of the American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association, held at Steinway Hall. Chicago, Illinois, March 14 and 15, 1900 (in-8°, 230 × 150, de 244 p.). Chicago, Publishèd by the Association, 1900. 42343

Thiollier (J.). — *Garnitures métalliques pour la consolidation des tirefonds de chemins de fer, des tiges filetées, des poteaux télégraphiques, des boulons de charpente et de voitures, etc., système J. Thiollier* (2e Édition) (in-4°, 265 × 215, de 16 p.). Paris, J. Thiollier (Don de l'auteur). 42354

Chimie.

Villon (A.-M.) et Guichard (P.). — *Dictionnaire de chimie industrielle contenant les applications de la chimie, à l'industrie, à la métallurgie, à l'agriculture, à la pharmacie, à la pyrotechnie et aux arts et métiers*, par MM. A.-M. Villon et P. Guichard. *Tome III. Fascicules 35 et 36. Cahiers 61 à 67* (in-8°, 290 × 200). Paris, Bernard Tignol (Don de l'éditeur).. 42365 et 42366

Construction des machines.

Codron (C.). — *Expériences sur le travail des machines-outils pour les métaux*, par C. Codron (Extrait du Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale 1901-1902). *1er fascicule* (in-4°, 280 × 225, de 269 p. avec 585 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1902 (Don de l'éditeur). 42364

Eude (G.). — *La Mécanique à l'Exposition de 1900; 3e livraison. Dix-septième livraison dans l'ordre d'apparition. Les Machines à vapeur*, par M. Gabriel Eude (in-4°, 320 × 225, de 304 p. avec 479 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, septembre 1902 (Don de l'éditeur). 42349

Éclairage.

Rey (J.). — *L'éclat intrinsèque des gros arcs à courant continu* (Exposé des travaux de MM. A. Blondel et J. Rey) (Extrait du Bulletin de la Société internationale des Electriciens. Séance du 9 juillet 1902) (in-8°, 285 × 190, de 22 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1902 (Don de l'auteur). 42356

Société technique de l'Industrie du gaz en France. Compte rendu du vingt-neuvième Congrès tenu à Paris les 17 et 18 juin 1902 (in-8°, 245 × 155, de 723 p. avec 26 pl.). Paris, Imprimerie de la Société anonyme de Publications périodiques, 1902. 42358

Économie politique et sociale.

Annuaire statistique de la Ville de Paris. XXIe année 1900 (République Française. Préfecture de la Seine. Direction des Affaires municipales. Service de la statistique municipale. M. le Dr Jacques Bertillon, chef des travaux de la statistique) (in-8°, 260 × 175, de xxxii-843 p.). Paris, Masson et Cie, 1902. 42346

Sayous (A.-E). — *La crise allemande de 1900-1902. Le charbon, le fer et l'acier. Suivi d'un Index des principaux cartels miniers et sidérurgiques de l'Allemagne*, par André-E. Sayous (Bibliothèque du Musée social) (in-18, 180 × 120, de xv-377 p.). Paris, L. Laroze, 1903 (Don de l'éditeur). 42347

Société d'Encouragement pour le commerce français d'exportation. But et moyens d'action de la Société. Avantages et conditions de son patronage. Statuts et règlement. Bureau et Conseil d'administration. Liste des Membres fondateurs, sociétaires, adhérents et donateurs (in-8°, 210 × 130, de 87 p.). Paris, Librairies-Imprimeries réunies, 1902. 42367

Tableau général du commerce de la France. Année 1901. Premier volume. Commerce de la France avec ses Colonies et les puissances étrangères (République Française. Direction générale des Douanes) (in-4°, 360 × 275, de 796 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902. 42350

Électricité.

Monnier (D.). — *Électricité industrielle*, par D. Monnier (Cours de l'École Centrale des Arts et Manufactures) (Encyclopédie industrielle fondée par M.-C. Lechalas) (2e édition) (in-8°, 255 × 165, de 827 p. avec 404 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1903 (Don des éditeurs). 42355

Enseignement.

École spéciale d'architecture. Année 1902-1903. Séance d'ouverture du 15 octobre 1902. Présidence de M. Paul Doumer, député, ancien Gouverneur général de l'Indo-Chine (in-8°, 225 × 140, de 28 p.). Paris, 136, boulevard du Montparnasse. 42344

Législation.

Bulletin de l'Association française pour la protection de la propriété industrielle. Second volume. Années 1900-1901-1902. Annexe au second volume. Années 1900-1901-1902. Congrès international de la propriété industrielle, tenu à Paris du 23 au 28 juillet 1900 (2 vol. in-8°, 240 × 160, de 348 p. et de 466 p.). Paris, Siège social, 1902. 42376 et 42377

Métallurgie et Mines.

Établissements de MM. Schneider et Cie. Siège social et Direction générale, à Paris, 42, rue d'Anjou. D'après l'ouvrage publié en Angleterre, par M. James Dredge (in-4°, 390 × 280, de 445 p. avec CLXXVII pl. et 1103 fig.). Nevers, Mazeron frères, 1902 (Don de M. E. Schneider, M. de la S.). 42378

FLAMAND (G.-B.-M.). — *Observations sur les nitrates du Sahara à propos d'un échantillon de salpêtre naturel provenant de l'archipel touatien*, par G.-B.-M. Flamand (Extrait du Bulletin de la Société géologique de France, 4e série, tome II, page 366, année 1902) (in-8°, 255 × 165, de 4 p.). Paris, Société géologique de France, 1902 (Don de l'auteur). 42357

GAGES (L.). — *Les Alliages métalliques*, par L. Gages (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire) (in-8°, 190 × 120, de 164 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1902 (Don de l'éditeur). 42353

HABETS (A). — *Cours d'exploitation des mines*, par Alfred Habets. *Tome I* (in-8°, 250 × 160, de x-590 p. avec 445 fig.). Paris, H. Le Soudier, 1902 (Don de l'auteur). 42374

LE CHATELIER (H.) et ZIEGLER. — *Sulfure de fer. Ses propriétés et son état dans le fer fondu*, par M. H. Le Chatelier et M. Ziegler (Extrait du Bulletin de septembre 1902 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (in-4°, 275 × 220, de 28 p. avec 28 fig.). Paris, Philippe Renouard, 1902 (Don des auteurs). 42352

Navigation aérienne intérieure et maritime.

Institute of Marine Engineers. Thirteenth Volume of Transactions. Session 1901-02 (in-8°, 210 × 130). 42375

Routes.

Annuaire des Agents-Voyers. 1903. Cinquante-huitième édition. Personnel (Annales des chemins vicinaux, 57e année, n° 9. Septembre 1902) (in-8°, 220 × 135, de 144 p.). Paris, Paul Dupont, 1902. 42360

Sciences mathématiques.

Buchetti (J.). — *Manuel des constructions métalliques. Charpentes et ponts. Résistance des matériaux. Graphostatique appliquée aux systèmes triangulaires. Fermes et poutres. Arcs articulés, continus, encastrés. Dôme sphérique. Règlement de 1891 sur les ponts. Données de construction, etc.*, par J. Buchetti. Troisième édition (in-4°, 280 × 225, de 255 p. avec 222 fig. et atlas même format de 39 pl.). Paris, Ch. Béranger (Don de M. A. Mallet, M. de la S., de la part de M. J. Buchetti). 42369 et 42370

Technologie générale.

Transactions of the American Society of Mechanical Engineers. Vol. XXIII. 1902 (in-8°, 260 × 165, de XXII-878 p. avec 838 fig.). New-York City, Published by the Society, 1902.

Travaux publics.

Annuaire des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines. Personnel des Travaux publics, 1903. Cinquante-septième édition (Annales des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées, 57e année. n° 22. Novembre 1902) (in-8°, 220 × 140, de 324 p.). Paris, Paul Dupont. 42373

Bret. — *Note sur l'aqueduc de l'Avre et le réservoir parisien de Saint-Cloud. L'alimentation de Paris en eau*, par M. Bret (Extrait des Annales des Ponts et Chaussées, 2e trimestre 1902) (in-8°, 245 × 160, de 64 p. avec 3 pl.). Paris, E. Bernard et Cie, 1902 (Don de l'auteur). 42359

Emperger (F.-v.). — *Neuere Bauweisen und Bauwerke, aus Beton und Eisen* Herausgeber Ingenieur Fritz v. Emperger. *V Heft 1902* (in-4°, 345 × 265, de 44 p.). Wien, Lehmann und Wentzel, 1902 (Don de l'auteur). 42342

Paris au grand air. Utilité générale d'un boulevard et d'un chemin de fer électrique de Paris à la forêt de Saint-Germain, par la Société d'Étude du boulevard et du chemin de fer électrique central de Paris à la forêt de Saint-Germain (in-4°, 270 × 220, de 11 p. avec 1 pl.). Imprimerie Anselme frères, 1902. 42351

Zanen (F.). — *Le Congrès international des méthodes d'essai des matériaux de construction de Paris 1900. Note de mission*, par M. F. Zanen (Extrait du 6e fascicule des Annales des Travaux publics de Belgique. Décembre 1902. Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand) (in-8°, 240 × 160, de 31 p.). Bruxelles, J. Goemaere, 1902. 42363

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis, pendant le mois de décembre 1902, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

C.-L.-C. BLÉTRY,	présenté par MM.	Ravasse, Grandemange, Mallet.
L. BONNEFOI,	—	Huguenot, Lacaze, Laurain.
A.-M.-G. CLEVENOT,	—	E. Clevenot, Dollot, Leclaire.
G.-P. FOREST,	—	Salomon, Biard, Bocandé.
J. FRIBOURG,	—	Weiller, Caen, Jannettaz.
E. GARCIA DE ZUNIGA,		Salomon, Dumont, Calmette.
A.-S. GARFIELD,	—	E. de Marchena, Bodin, L. Périssé.
S.-D. GILLET,	—	Salomon, Biard, Bocandé.
J.-W. PEARSE,	—	Casalonga, Gouvy, Piat.
J. THIRY,	—	T. Dutreux, A. Dutreux, Gouvy.
M. TROMBERT,	—	Balas, Mamy, Piat.
M. VALLETTE,	—	Arbel, Casalonga, Léon.

Comme Membre Associé, M. :

V. BOILÈVE, présenté par MM. de Baecker, Cacheux, Forest.

RÉSUMÉ
DES
PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES
DU MOIS DE DÉCEMBRE 1902

PROCÈS-VERBAL
DE LA
SÉANCE DU 5 DÉCEMBRE 1902

PRÉSIDENCE DE M. L. SALOMON, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'informer la Société que notre ancien Président, M. du Bousquet, vient d'être cruellement frappé par la perte de Mme du Bousquet. Il est certain d'être l'interprète de la Société tout entière, en exprimant à notre ancien Président la part qu'elle prend à ce deuil et en lui adressant l'expression de sa plus respectueuse sympathie.

Est également décédé Sir Roberts-Austen, Membre honoraire de notre Société depuis 1901, ancien Président de l'Iron and Steel Institute.

Né en 1843, il entra, en quittant l'École des Mines de Londres, à la Monnaie de cette ville, à laquelle il resta attaché jusqu'à sa mort. Il en fut nommé Essayeur en 1869, et Essayeur Royal en 1882. Ses travaux nombreux et importants ont surtout porté sur les alliages et la théorie atomique des métaux ; telles sont, par exemple, ses recherches sur l'influence des impuretés, sur la densité et la ductilité de l'or. Nommé Rapporteur de la Commission des Alliages, créée par l'Institution of Mechanical Engineers, il fit tous les essais et expériences nécessaires aux travaux de cette Commission. Occupant une situation importante dans le monde scientifique, il fut, notamment, Membre de la Commission Anglaise et Vice-Président du Congrès International des Mines et de la Métallurgie à l'Exposition Universelle de 1889, l'un des fondateurs

de la Société de Physique de Londres, Président, en 1899 et 1900, de l'Iron and Steel Institute.

Il était également Membre de la Société Royale et d'un grand nombre de Sociétés savantes de tous pays.

M. P. Horsin-Déon, Membre de la Société depuis 1884, Ingénieur-Chimiste, décédé à la suite d'une explosion de machine.

Enfin, M. Ronna, Antoine, Membre de la Société depuis 1872, Commandeur de la Légion d'Honneur, Membre du Conseil supérieur de l'Agriculture et du Conseil de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, Vice-Président de la Société nationale d'encouragement à l'Agriculture, ancien Directeur des Mines, Usines et Domaines de la Société Autrichienne-Hongroise privilégiée des Chemins de fer de l'État, Membre du Comité en 1875-76-77, Prix Annuel de la Société en 1874 pour son travail sur l'Assainissement des Villes et des cours d'eaux.

M. le Président adresse aux familles de nos regrettés Collègues l'expression de la respectueuse sympathie de la Société.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que M. A.-F. Lemoine a été nommé Chevalier du Mérite Agricole, et lui adresse les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un des prochains Bulletins.

M. le Président rappelle que, conformément au règlement du Prix Giffard, c'est dans la séance de ce jour que doit être indiqué le sujet de Concours pour le Prix à décerner en 1905.

Le Prix de 1902 n'ayant pas été décerné et ayant été prorogé également jusqu'en 1905, il y aura donc deux sujets de Concours et deux Prix.

La Commission, nommée à cet effet dans la séance du 20 juin dernier, a déterminé les deux sujets qui sont :

Pour le Prix Giffard 1902, prorogé 1905 :

Des machines agricoles et de leur construction en France ; importance actuelle de cette industrie ; ses produits ; ses principaux centres. — Causes qui font obstacle à son développement et favorisent l'importation des machines de fabrication étrangère. — Moyens de remédier à cette situation et progrès à réaliser pour que les agriculteurs français soient munis autant que possible d'un outillage exclusivement français.

Pour le Prix Giffard 1905 :

Production de la vapeur surchauffée ; son emploi dans les moteurs à vapeur ; conséquences économiques de cet emploi. — Disposition à adopter dans les surchauffeurs et les moteurs afin d'obtenir les meilleurs résultats. — Température de surchauffage la plus avantageuse.

M. le Président rappelle également que, conformément aux conditions d'émission de l'emprunt contracté en vue de la construction de notre Hôtel, c'est en 1902 que doit commencer l'amortissement de cet emprunt.

Le Comité a fixé à six le nombre des obligations à amortir cette

année, et le tirage au sort de ces obligations aura lieu dans la prochaine séance du 19 décembre courant.

M. H. Lenicque a la parole pour sa Communication sur l'*État actuel de la préparation mécanique des minerais*.

M. H. Lenicque, après avoir rappelé en quelques mots les principes généraux des opérations que l'on doit faire subir aux minerais bruts pour arriver à séparer le minerai utile de sa gangue, montre que la préparation mécanique comprend trois phases :

Le *broyage*, la *classification* et l'*enrichissement*.

Il étudie successivement chacune de ces phases, en décrivant les appareils les plus récents, employés pour ces opérations.

Il donne ensuite des indications sur l'état actuel de la séparation électro-magnétique, applicable à certains métaux.

Enfin, il montre un exemple de l'application des méthodes générales de préparation mécanique au traitement des minerais aurifères renfermant de l'or à l'état de combinaison dans des pyrites.

M. le Président remercie très vivement notre Collègue, qui était plus autorisé que personne pour présenter l'exposé de cette intéressante question.

L'ordre du jour appelle la communication de M. A. Gouvy sur l'*État actuel de la sidérurgie rhéno-westphalienne*, mais vu l'heure tardive, M. le Président propose à M. Gouvy de ne faire ce soir qu'une partie de son exposé, et de reporter la suite à une séance de Janvier. Le mémoire étant alors publié dans le Bulletin, une discussion intéressante pourra avoir lieu.

M. A. Gouvy dit qu'à la suite de l'étude qu'il a eu l'honneur de présenter ici, sur l'Exposition de Dusseldorf, l'idée lui est venue d'étudier également la situation générale de la métallurgie dans la province rhéno-westphalienne. C'est le résultat de ces recherches qui constitue la présente communication.

La première partie du travail comporte des données statistiques et des tableaux qui seront publiés dans son Mémoire.

La seconde partie comprend l'étude technique des installations qu'il a visitées. Cette étude serait trop longue à faire ce soir. Aussi, M. Gouvy se contente de faire projeter de nombreuses vues qu'il a prises, les explications plus détaillés devant être données dans une prochaine séance.

M. Gouvy fait donc passer, sous les yeux des membres de la Société, une très grande variété de projections de fours à coke, de défourneurs et de pilonneurs, de hauts fourneaux, de moteurs à deux et à quatre temps, de fours, de laminoirs, etc., etc., en accompagnant chaque vue d'un rapide commentaire. Toutes ces explications seront reprises et développées dans une séance de Janvier.

M. le Président remercie notre Collègue du trop rapide résumé qu'il vient de faire ce soir et compte qu'il voudra bien reprendre la parole pour compléter les renseignements si intéressants qu'il a rapportés d'Allemagne.

Il est donné lecture, en première présentation, de la demande d'admission de M. L. Pélissier, comme Membre sociétaire.

MM. C.-L.-C. Blétry, L. Bonnefoi, A.-M.-G. Clévenot, G.-P. Forest, J. Fribourg, E. Garcia de Zuniga, A. S. Garfield, S.-D. Gillet, J. W. Pearse, J. Thiry, M. Trombert, M. Vallette, sont reçus Membres sociétaires, et M. Boilève, Membre associé.

La séance est levée à 11 heures et demie.

Le Secrétaire,
Georges Courtois.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 19 DÉCEMBRE 1902

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

Présidence de M. L. Salomon, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

La Société étant réunie en Assemblée générale, conformément à l'article 17 des statuts, M. le Président dit qu'il va être d'abord donné lecture du Rapport annuel sur la situation financière.

Il doit, à ce sujet, présenter à l'Assemblée les excuses de notre Trésorier, M. L. de Chasseloup-Laubat, appelé d'urgence dans le Midi, par suite de l'état de santé de son frère, notre Collègue. M. le Président exprime à notre Trésorier les vœux sincères de la Société pour le prompt rétablissement de son frère et donne la parole à M. Auguste Moreau, Vice-Président, qui a bien voulu se charger de lire le Rapport au lieu et place de M. L. de Chasseloup-Laubat.

M. le Vice-Président Auguste Moreau a la parole.

Messieurs,

Le 1er décembre 1901, les Membres de la Société étaient au nombre de	3 607
Du 1er décembre 1901 au 30 novembre 1902, les admissions ont été de	174
formant un total de	3 781
Pendant ce même laps de temps, la Société a perdu, par décès 62, par démissions 58, net	120
Le total des Membres de la Société, au 30 novembre 1902 est ainsi de	3 661
Il a donc augmenté, pendant l'année, de	54

BILAN AU 30 NOVEMBRE

ACTIF

1° Fonds inaliénable :			
a. Legs Nozo. . . . . Prix. . . Fr.		6 000 »	
b. Fondation Michel Alcan. . . . —		3 730 »	
c. Fondation Coignet . . . . . . —		4 285 »	
d. Don Couvreux. . . . . —		4 857,75	
e. Legs Gottschalk . . . . —		10 000 »	
f. Legs Giffard. . . . . Prix et Secours. . .		50 372,05	
g. Donation Schneider . . . . Secours		100 512 »	
h. Don anonyme . . . . —		6 750 »	
i. Legs Roy		873,50	
j. Legs de Hennaü.		96 982,50	
k. Legs Huet.		67 119 »	
l. Legs Mayer		13 612,50	
m. Legs Faliès		4 768,85	
n. Legs Meyer (nue propriété)		10 000 »	379 863,15
2° Caisse : Solde disponible . . . . Fr.			4 066,70
3° Débiteurs divers :			
Cotisations 1902 et années antérieures (après réduction d'évaluation de 50 0/0) . . . . . Fr.		9 972 »	
Obligations, banquiers et comptes de dépôt . .		52 131,36	
Divers.		927,20	63 030,56
4° Prix Henri Schneider :			
a. 1902 . . . . Fr.		35 000 »	
b. 1917		25 159 »	60 159 »
5° Amortissement de l'Emprunt			3 000 »
6° Bibliothèque : Livres, catalogues, etc.			11 000 »
7° Immeuble :			
a. Terrain		369 160,30	
b. Construction :			
Terrasse . . . . Fr.	8 868 »		
Maçonnerie, sculpture, marbrerie	150 331,20		
Charpente, fer et bois	114 926,19		
Menuiserie, parquets.	56 718,69		
Serrurerie.	51 003,73		
Peinture, vitrerie	30 919,60		
Canalisation, pavage et divers. .	11 133,36		
Couverture et plomberie	26 537 »		
Fumisterie	27 454,35	477 892,12	
c. Installation :			
Ascenseur, monte-charges, plancher mobile. . . . . . . Fr.	1 »		
Gaz et électricité	35 236,08	35 237,08	
d. Ameublement et Matériel :			
Mobilier ancien . . . . . . Fr.	6 000 »		
Ameublement et matériel . . .	42 622,54	48 622,54	930 912,04
Fr.			1 452 031,45

PASSIF

1° Créditeurs divers :		
Impressions, planches, croquis, divers travaux en cours . . . . Fr.	7 000 »	
Créditeurs divers.	41 617,65	48 617,65
2° Prix divers 1903 et suivants :		
a. Prix Annuel. . . . . Fr.	Mémoire	
b. Prix Nozo.	820,80	
c. Prix Giffard 1902, prorogé 1905.	3 000 »	
d. Prix Giffard 1905	1 257,60	
e. Prix Michel Alcan	252,20	
f. Prix François Coignet	600 »	
g. Prix Alphonse Couvreux	192,30	
h. Prix A. Gottschalk.	477,15	6 600,05
3° Prix Henri Schneider		
a. 1902 . . . . Fr.	35 000 »	
b. 1917	25 159 »	60 159 »
4° Emprunt		593 000 »
5° Tirage Obligations 1902		3 000 »
6° Coupons échus et à échoir :		
N° 6. Échéance du 1er janvier 1899 . Fr.	8,95	
N° 7. — 1er juillet 1899	8,95	
N° 8. — 1er janvier 1900 . . .	65,15	
N° 9. — 1er juillet 1900	74,60	
N° 10. — 1er janvier 1901 . . .	101,45	
N° 11. — 1er juillet 1901	402,30	
N° 12. — 1er janvier 1902 . . .	1 284,55	
N° 13. — 1er juillet 1902	3 841,15	
N° 14. — 1er janvier 1903 . . .	11 025,60	16 812,70
7° Fonds de secours		3 209,30
Fr.		731 398,70
Avoir de la Société		720 632,75
Fr.		1 452 031,45

Cette augmentation, égale, à 1 membre près, à celle de l'année dernière, est, toutefois, inférieure de plus de 80 à la moyenne des années précédentes.

Le Bilan au 30 novembre 1902 se présente comme suit :

L'Actif comprend :

1° Le Fonds inaliénable	Fr.	379 863,15
2° Caisse (Espèces en caisse)		4 066,70
3° Débiteurs divers		63 030,56
4° Prix Henri Schneider { 1902 : 35 000 / 1917 : 25 159 }		60 159 »
5° Emprunt		3 000 »
6° Bibliothèque		11 000 »
7° Immeuble		930 912,04
Total	Fr.	1 452 031,45

Le Passif comprend :

1° Créditeurs divers	Fr.	48 617,65
2° Prix divers de 1903 et suivants		6 600,05
3° Prix Henri Schneider { 1902 : 35 000 / 1917 : 25 159 }		60 159 »
4° Emprunt		593 000 »
5° Tirage obligations 1902		3 000 »
6° Coupons échus et à échoir		16 812,70
7° Fonds de secours		3 209,30
	Fr.	731 398,70
Avoir de la Société		720 632,75
Total	Fr.	1 452 031,45

Examinons maintenant les divers chapitres de ce Bilan.

Dans notre Assemblée générale du 20 juin dernier, nous vous avons donné les explications sur les modifications essentielles qu'avait subies, pendant le premier semestre, notre situation. Nous ne les reprendrons pas en détail, nous bornant à les rappeler succinctement, savoir :

Actif.

(a) Notre *Fonds Inaliénable* s'est accru de		105 254,55
provenant de la réalisation du Legs Faliès pour	4 742,55	
et de la donation de la Famille Schneider pour	100 512	

(b) Par suite de la radiation d'office, au commencement de l'exercice, d'un nombre assez considérable de membres retardataires, le compte *Débiteurs divers, Cotisations* a été fortement diminué.

(c) Nous avons ouvert des comptes spéciaux aux *Prix Henri Schneider 1902* et *1917* ainsi qu'au remboursement de l'emprunt.

(d) Enfin, l'*Immeuble* a été ramené de 1 095 026,25 à 930 912,04.

Il reste à examiner les comptes *Caisse, Emprunt* et *Bibliothèque*. Ces comptes n'appellent aucune observation. Vous remarquerez toutefois que le compte *Valeurs amortissables et abandonnées* a disparu de l'actif. Ceci provient de ce que ce compte a été soldé par celui de l'Emprunt qui a été ramené au Passif, de 600 000 à 593 000 *f*, diminuant ainsi notre dette de 7 000 *f*, représentant la valeur des titres qui nous ont été abandonnés ou que nous avons rachetés.

Je suis heureux, à cette occasion, de renouveler publiquement les remerciements individuels qui ont été déjà adressés à ceux de nos Collègues qui nous ont généreusement abandonné soit ces obligations, soit le montant de leurs coupons et qui nous ont fait don de sommes pour des affectations diverses.

Passif.

Le compte *Créditeurs divers* a notablement diminué, par suite d'un remboursement de 10 000 *f* fait au cours de l'exercice à l'un de nos prêteurs.

Les *Prix divers 1903 et suivants*, les *Prix Henri Schneider* n'appellent aucune observation.

L'*Emprunt*, ainsi que nous venons de le dire, a été ramené à 593 000 *f*. Cette somme va, au cours de 1903, subir encore une diminution par suite du remboursement de 6 obligations par voie de tirage au sort, tirage auquel il va être procédé tout à l'heure.

Vous remarquerez que, au compte *Coupons*, figurent des coupons échus depuis 1899. Malgré nos rappels et nos avis, quelques-uns de nos Collègues négligent de venir toucher leur dû, retardant ainsi la clôture des comptes coupons correspondants.

En résumé, notre avoir qui avait été ramené, le 1er décembre 1901,

à	598 173,75
est actuellement de	720 632,75
Il a donc augmenté de.	122 459
Si nous déduisons de ce chiffre la somme de. . . . . . montant des Dons et Legs,	105 254,55
Il reste une somme de.	17 204,45

représentant le bénéfice dû aux résultats de l'exercice normal proprement dit.

La situation n'est donc pas mauvaise, eu égard aux augmentations d'impôts et charges diverses que nous vous avons signalé les années précédentes, mais elle exige néanmoins la plus grande prudence dans la gestion de nos fonds.

En effet, une diminution dans le chapitre de nos recettes accessoires qui, seules, nous permettent d'équilibrer notre Budget, une augmentation (toujours à prévoir) d'impôts ou de charges nouvelles, pourrait nous causer de sérieux embarras, en restreignant les disponibilités que nous sommes désormais tenus d'affecter chaque année, à partir de 1902, au remboursement de notre emprunt.

D'un autre côté, nous avons, dans nos rapports précédents, signalé les causes auxquelles il faut, selon nous, attribuer la diminution du nombre des Membres admis chaque année. Nous n'y reviendrons pas, mais il est à craindre que ces causes ne se prolongent encore quelques années, augmentant ainsi les difficultés d'un recrutement sérieux et choisi.

Ceci montre une fois de plus la nécessité qu'il y a à assurer à notre Société une orientation, qui, mieux en harmonie avec les conditions actuelles de l'industrie et des sciences appliquées, facilite son développement et lui assure la place à laquelle elle a droit.

M. le Président demande si quelqu'un désire présenter des observations. Personne ne demandant la parole, M. le Président met aux voix l'approbation des Comptes qui viennent d'être présentés.

Les Comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. le Président dit qu'il est certain d'être l'interprète des Membres de la Société tout entière en remerciant chaleureusement M. le Trésorier pour les soins qu'il apporte dans la gestion de nos finances.

Grâce à son zèle et à son dévouement qui ne se ralentissent pas un instant, c'est à lui que nous devons reporter, pour la plus grande part. les bons résultats de nos exercices, malgré les difficultés financières et les charges que notre Société voit sans cesse s'accroître.

M. le Président remercie également M. Auguste Moreau, Vice-Président, qui a bien voulu se charger de donner à l'Assemblée connaissance du Rapport financier qui vient d'être lu et approuvé.

M. le Président rappelle que, dans la présente Assemblée, il y a lieu de procéder au tirage de six obligations pour remboursement de l'emprunt de 1896.

Il demande à l'Assemblée de désigner, avec l'un des Secrétaires, deux scrutateurs pour procéder à ce tirage.

Sont désignés MM. J.-M. Bel, H. Brulé et A. Lavézzari.

Le tirage est effectué dans une salle contiguë.

M. le Président donne connaissance des numéros des bons de l'emprunt qui viennent de sortir, et qui seront remboursables à partir du 1er janvier 1903.

Ces numéros sont les suivants : 3, 52, 483, 512, 663 et 922.

Puis il est procédé aux élections des Membres du Bureau et du Comité pour l'exercice 1903.

Ces élections ont donné les résultats suivants :

BUREAU

Président : M. Bodin, Paul.

Vice-Présidents :

MM. Coiseau, L.
Courtot, H.
Hillairet, A.
Moreau, Aug.

Secrétaires :

MM. Bel, M.
Laurain, H.
de Gennes, A.
Baudet, L.

Trésorier : M. de Chasseloup-Laubat, L.

COMITÉ

MM. Picou, R.-V.
Soreau, R.
Harlé, E.
Cornuault, E.
Brulé, H.
Ferré, A.
Jannettaz, P.
Vigreux, Ch.-A.
Boudenoot, L.
Gallois, Ch.
Gruner, E.
Pettit, E.

MM. Courtois, G.
Chalon, P.
Joubert, L.
Pontzen, E.
Fouché, E.
Hebert, J.
Brousse, L.
Regnard, P.
Chagnaud, L.
Lencauchez, A.
Casalonga, D.-A.
Bochet, A.

La séance est levée à 11 heures et demie (1).

Le Secrétaire,
Georges Courtois.

(1) Ont été nommés Membres du Bureau du Congrès de l'Alcool à l'Exposition d'Automobiles (du 10 au 25 décembre 1902) :

1re Section (Automobiles). *Président :* M. G. Forestier.
Secrétaire : M. A. Boyer-Guillon.

2e Section (Moteurs fixes). *Président :* M. A. Loreau.
Vice-Président : M. L. de Chasseloup-Laubat.

3e Section (Physique). *Vice-Président adjoint* (Chauffage) : M. E. Barbet.
Vice-Président (Éclairage) : M. P.-L. Barbier, et *Secrétaire :* M. A. Lecomte.

4e Section (Chimie). *Secrétaire :* M. G. Arachequesne.

Secrétaire du Commissariat Général : M. G. Chauveau.
Secrétaire du Bureau : M. L. Périssé.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE

du 26 décembre 1902

PROCÈS-VERBAL

PRÉSIDENCE DE M. L. SALOMON, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 9 heures.

M. LE PRÉSIDENT explique que, conformément aux convocations régulièrement adressées à tous les Membres de la Société, cette réunion est une Assemblée générale extraordinaire, qui a pour but spécial :

D'examiner un projet de Modifications des Statuts et du Règlement, ayant fait l'objet des mentions déjà parues dans le procès-verbal de la séance du 21 novembre dernier, où fut nommée à cet effet une Commission spéciale;

D'entendre lecture du Rapport de cette Commission et de voter sur les propositions de Résolutions présentées par elle.

Le texte entier et imprimé du Projet, du Rapport et des Propositions était joint aux convocations.

M. G. DUMONT, Rapporteur de la Commission, donne lecture de son Rapport, Rapport annexé au présent Procès-Verbal (1), qui conclut à l'approbation des Modifications proposées; puis il fait observer que le Rapport mentionne quatre Propositions, tandis que les bulletins de vote distribués ce soir en contiennent cinq. La cinquième Proposition comporte seulement un changement de forme condensant divers articles du Règlement actuel et dont les principaux sont indiqués sur le bulletin de vote.

M. LE PRÉSIDENT dit que, conformément au Règlement, le Comité a été saisi de ces Propositions, ainsi que du Rapport qui vient d'être lu, qu'il les a examinés et discutés très longuement dans une séance spéciale tenue le 27 novembre dernier, et qu'il s'en est occupé à nouveau dans sa séance du 5 décembre.

Toutes ces Modifications, ainsi que le Rapport qui vient d'être lu, ont été adoptés par le Comité à l'unanimité des Membres présents moins une abstention.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. le Rapporteur de la peine qu'il a prise et du soin qu'il a mis à faire un exposé si précis et si clair.

Puis, conformément à l'article 129 du Règlement, il dit qu'il va consulter l'Assemblée et demande si quelqu'un désire auparavant prendre la parole sur l'ensemble du Projet.

(1) Voir page 253.

M. P. Buquet, Président de la première Commission nommée le 7 février 1902, explique que cette Commission a tenu d'abord six séances, pendant lesquelles les Propositions ont été longuement discutées et un Projet de Modifications arrêté; dans une septième séance, à laquelle M. le Président de la Société a été prié de se rendre, ce Projet lui a été soumis; deux séances ont suivi, avec le concours des anciens Présidents venus au nombre de sept et de MM. les Vice-Présidents en exercice; le projet définitif à présenter à l'Assemblée a été admis à l'unanimité.

Après le dépôt, dans la séance du 21 novembre, de ce Projet, l'Assemblée le prit en considération et nomma une Commission d'examen.

Cette dernière s'est réunie sous la Présidence de M. Loreau, a nommé M. Dumont comme Rapporteur et a tenu plusieurs séances.

Le Comité, dans sa séance spéciale du 27 novembre, après avoir entendu le Rapport de M. Dumont et la lecture des propositions de la Commission du 7 février, a décidé, à l'unanimité des Membres présents pour les Résolutions 1, 2 et 3, et à l'unanimité moins une voix pour la Résolution 4, d'en adopter le principe et d'en proposer l'adoption à l'Assemblée générale, sous réserve de quelques légères modifications renvoyées à l'étude de la Commission du 21 novembre.

Cette Commission s'est alors de nouveau réunie, après avoir convoqué à sa séance les Membres de la Commission du 7 février, ainsi que M. Soreau, ancien Secrétaire, et MM. Bel et Courtois, Secrétaires en exercice.

Les deux Commissions ont été d'accord pour proposer l'adoption du Projet aujourd'hui soumis à l'Assemblée générale.

M. A. Loreau, Président de la Commission du 21 novembre, dit que la Société se développant constamment, il y avait, pour répondre aux besoins nouveaux, nécessité d'adopter des dispositions nouvelles, et ce sont ces dispositions que les cinq Membres de la Commission qui ont élaboré le projet ont très heureusement formulées :

Augmentation légitime du nombre des Membres du Comité passant de 36 à 45;

Maintien de la Présidence annuelle (la pépinière des Présidents d'avenir étant assez riche en notre Société), mais création d'un Vice-Président devenant de droit Président au bout d'une année, et arrivant solidement préparé au poste d'honneur justement envié;

Élection par correspondance, devant permettre de compter par milliers et non plus par centaines le nombre de voix amenant vos élus au Comité. Ces élus, renouvelables chaque année par tiers, et pour chaque élection nouvelle le Comité soumettant à vos libres suffrages la liste de tous les candidats répartis par Sections et classés par ses soins après étude de toutes les candidatures;

Le Comité, devenu plus nombreux, divisé en Sections dont l'avenir pourra modifier les titres comme le nombre aujourd'hui fixé à six. Chaque Section ayant son existence individuelle, son initiative propre et apportant à la Société une vitalité nouvelle. Il fallait au Président de chacune de ces Sections, comme collaborateur direct, intime, un secrétaire non pas imposé par les hasards d'une élection, mais proposé d'ac-

cord avec la section, par le Président lui-même. Atteinte portée aux Secrétaires d'autrefois, non certes, mais solution logique et heureuse imposée par l'organisation nouvelle. En ajoutant la création des membres « stagiaires » qui ne peut que donner à ce titre de Membre de la Société des Ingénieurs Civils de France une valeur plus grande encore nous aurons retracé les grandes lignes du projet qui vous est soumis.

Empreint d'un souffle libéral étudié avec un soin délicat et précis, ce projet a paru à notre Commission d'étude, inspiration heureuse et œuvre utile à notre grande famille; aussi à l'unanimité votre Commission vous propose-t-elle une approbation absolue sans réserve.

M. H. Vallot fait observer que, puisqu'il s'agit de véritables réformes. il serait bon que les Membres de la Société aient une séance préparatoire leur donnant un peu plus de temps de réflexion, et qu'il vaudrait mieux ajourner le vote. Rappelant une circulaire adressée le matin dans ce sens et signée : Un groupe d'Ingénieurs Civils, il déclare s'y rallier sans en connaître les auteurs. Puis, tant en son nom qu'en celui de quelques anciens Secrétaires, MM. Bert, Lavezzari et Soreau, il demande que l'expression du rapport de la Commission par laquelle il est dit qu'on veut assurer un bon fonctionnement du Secrétariat soit revue, pouvant être mal interprétée.

M. G. Dumont, Rapporteur, explique, sur ce dernier point, que l'expression n'a pas eu le sens prêté par M. Vallot et ses Collègues, et que jamais il n'est venu à l'esprit de personne de faire une critique quelconque sur ceux de nos Collègues qui ont tous, sans exception, rempli les fonctions de Secrétaire avec le plus grand zèle *(applaudissements)* : mais à une nouvelle fonction doit correspondre un nouvel organe.

M. Ch. Baudry ajoute quelques observations dans le même sens.

MM. A. Lecomte, L. Simon et E. Bert demandent si nos Collègues de province ont reçu le projet, et s'ils ont eu le temps de faire connaître des observations.

M. le Président répond qu'il n'a eu connaissance d'aucune objection et que, suivant les Statuts actuels, nos Collègues de province n'ont pas droit au vote par correspondance.

M. le Président consulte ensuite l'Assemblée sur la Première Résolution, dont il donne lecture, et qui est relative à la création d'une nouvelle catégorie de Membres dits Sociétaires Assistants. — Personne ne réclamant la parole,

M. le Président, sur la demande d'un Membre, propose le vote par mains levées, sur la première Résolution.

A ce moment, le vote au scrutin secret est demandé par les six Membres suivants : MM. P.-L. Barbier, A. Lecomte, G.-L. Gauthier. J. Gallimard, A. Girardin et E. Sergot.

M. le Président dit qu'en conséquence de cette demande de scrutin secret, après avoir discuté les cinq propositions, on votera sur chacune d'elles séparément, mais sur le même bulletin afin d'abréger le temps nécessaire.

M. le Président consulte ensuite l'Assemblée sur la Deuxième Résolution, dont il donne lecture, et qui est relative à l'augmentation du nombre des Membres du Comité, répartis en six Sections.

M. E. Bert fait observer que les modifications proposées suppriment le Secrétariat du Bureau de la Société des Ingénieurs Civils de France, et il croit qu'il est sans exemple que le Bureau d'une Société n'ait pas de Secrétaire. Si l'on institue un Secrétariat technique auprès des Sections, il lui semble néanmoins indispensable d'avoir un Secrétaire de la Société que l'on pourrait désigner sous le nom de Secrétaire général, et qui serait des plus utiles pour le bon fonctionnement de la Société.

Le Secrétaire général devrait suivre les travaux de toutes les Sections; il constituerait entre elles le lien qui est indispensable, car autrement chacune d'elles va travailler isolément et dans l'ignorance de ce que font les autres, ce qui ne peut qu'être préjudiciable au bon fonctionnement de la Société. Le Secrétaire général serait pour le Président un auxiliaire des plus utiles.

En ce qui concerne la division du Comité en Sections, M. E. Bert demande de modifier la rédaction proposée pour l'article 19 du Règlement de la façon suivante : 4° Mines, Métallurgie et Chimie industrielle; 5° Physique et Industries électriques et 6° Législation, Économie sociale, Enseignement professionnel. Il ajoute que si l'on ne veut pas voir disparaître de l'ordre du jour des séances les questions d'économie sociale et industrielle et celles qui sont expressément énumérées dans l'article 4 des Statuts, la création de cette sixième classe est indispensable; de pareilles questions ne sauraient être renvoyées aux autres Sections, car elles présentent par elles-mêmes un caractère d'intérêt général.

M. E. Sartiaux pense qu'un Secrétaire Général ferait double emploi avec le Secrétaire Administratif; que l'objet de la Section spéciale proposée par M. Bert n'est pas à sa place dans notre Société, mais semble plutôt du ressort des Syndicats industriels; enfin, il propose que tous les Membres de la Société soient admis à se faire inscrire dans telle Section qu'ils voudraient où ils auraient voix délibérative.

M. E. Cornuault ajoute que le rôle du Secrétaire du Bureau que M. Bert a cru supprimé est précisément assuré, suivant le nouvel article 60, par le roulement des Secrétaires Techniques, pour les réunions du Bureau, du Comité et des Commissions.

M. S. Périssé appuie la demande de M. Bert et observe que le Secrétaire demandé doit avoir droit de voter au Bureau et au Comité, et secondera le Président dans les rapports avec les Secrétaires de Sections, ce qui ne serait pas le cas du Secrétaire de roulement. Il ajoute que l'une des six Sections devrait être spéciale pour les questions de législation, d'économie industrielle, d'enseignement professionnel, questions de traités de commerce, questions coloniales, etc.

M. P. Buquet répond que la Commission est absolument d'accord, en principe, sur l'opportunité qu'il peut y avoir à étudier les propositions de M. Bert, sous la réserve toutefois que le Secrétaire serait choisi au sein du Comité. Quant à la nouvelle Section, la Commission n'y voit aucun inconvénient.

MM. P. Buquet et J. Carimantrand présentent diverses observations secondaires.

M. E. Simon n'est pas d'avis de nommer un Secrétaire Général.

M. G. Dumont, Rapporteur, dit que, quant à lui, il ne verrait pas d'objection au titre de Secrétaire Général, parce que ce dernier pourrait avoir sa fonction bien définie, pour servir de lien entre tous les Secrétaires Techniques, en aidant le Président.

M. A. Lecomte appuie les paroles prononcées par M. le Rapporteur, avec lequel ses amis et lui sont d'accord, à condition que le Secrétaire Général soit nommé en même temps que le Comité et le Bureau, sinon il faudrait transformer les Statuts.

M. A. Soreau dit que la création du poste de Secrétaire Général ne lui paraît pas désirable si l'on doit voter les nouvelles attributions du Vice-Président.

M. E. Cornuault répond que M. Soreau paraît se méprendre sur le rôle du Vice-Président. C'est, en réalité, un Président suppléant.

M. R. Soreau remarque que l'institution du Vice-Président semble être plutôt une demi-mesure, ayant pour objet de ne pas donner la durée de deux années à la Présidence, ce qui serait pourtant la solution la meilleure.

M. P. Buquet, en présence de cette multiplicité de propositions, dit que l'Assemblée s'écarte de plus en plus des modifications proposées; qu'il convient de se conformer au règlement, et il demande la mise aux voix, par oui ou par non, des Propositions telles qu'elles sont faites, sans présenter d'amendement que l'Assemblée n'aurait pas le droit de voter séance tenante, car tout amendement doit d'abord faire l'objet d'une demande écrite et signée de cinq Membres, laquelle devra passer ensuite par les mêmes formalités d'où sont sorties les Résolutions qui sont proposées aujourd'hui par la Commission.

M. le Président dit que c'est bien là la position de la question et qu'on ne pourrait pas faire voter aujourd'hui d'amendement.

M. S. Périssé observe que, comme conséquence de ce qu'ont dit MM. Buquet et le Rapporteur Dumont sur la Deuxième Résolution, ceux qui auraient l'intention de voter l'amendement de M. Bert, admis en principe par la Commission, doivent voter non sur la Deuxième Résolution.

MM. Cornuault, E. Bert et R. Soreau présentent diverses observations.

M. Molinos insiste sur la nécessité d'aboutir en votant les nouveaux Statuts et Règlement qui restent perfectibles.

M. Armengaud jeune se range entièrement à l'opinion de M. Molinos. En particulier, pour la répartition des travaux des Sections, il estime qu'en raison des progrès rapides et incessants des sciences appliquées, ce n'est pas dans les Statuts, mais dans un article modifiable du Règlement qu'il conviendrait de fixer le libellé des matières à traiter dans chaque Section. Sur ce point, le Bureau pourrait de lui-même et sans

la nécessité d'un amendement, changer la rédaction de l'article correspondant des Statuts.

M. le Président dit que, personne ne demandant plus la parole sur la Deuxième Résolution, il consulte l'Assemblée sur la Troisième, dont il donne lecture, et qui est relative au vote par correspondance, l'établissement des listes et le mode d'élection.

M. A. Lecomte, rappelant que les Membres de province n'écrivent pas toujours, puisqu'ils ne l'ont pas fait au sujet du projet actuel, craint que la majorité ne se borne à retourner purement et simplement la liste que lui aura adressée le Comité, et dont les premiers noms seuls seront ainsi nécessairement élus.

M. P. Barbier fait remarquer que jamais aucun reproche n'a été formulé contre le système actuel de l'Assemblée préparatoire des élections, à laquelle on propose de substituer seulement le Comité. Sous cette réserve, il est partisan de la faculté de vote donnée aux Membres de Province.

M. L. Molinos appuie le système proposé qui aura pour effet de faire élire le Bureau et le Comité par un nombre de voix plus en rapport avec le nombre des Membres de la Société.

M. le Président consulte alors l'Assemblée sur la Quatrième Résolution, dont il donne lecture, et qui est relative aux Secrétaires Techniques. Cette Résolution a été discutée en même temps que la Deuxième et la Troisième Résolutions auxquelles elle se rattache directement.

MM. Gouault, Buquet, Bodin et Couriot échangent quelques observations sur la nomination des Membres d'Honneur.

M. le Président demande si personne ne désire avoir la parole sur la Quatrième, ni sur la Cinquième Résolution, dont il donne lecture, qui est relative au Secrétariat Administratif et à des articles d'ordres divers. — Personne ne demandant la parole,

M. le Président dit que l'on va passer au vote des cinq Résolutions au moyen du bulletin de vote qui a été remis en séance à chacun des Membres présents.

Il rappelle que, conformément à l'article 32 des Statuts et 130 du Règlement, ces Modifications doivent, pour être adoptées, réunir les deux tiers plus une voix du nombre des Membres présents.

Il est procédé au Vote, puis au Dépouillement, auquel assistent un grand nombre de Membres.

M. le Président proclame les Résultats du dépouillement du scrutin :

Membres Présents : 155.

Majorité absolue : 2/3 de 155 + 1 = 105.

1re Résolution : **Nouvelle catégorie de Membres dits « Sociétaires Assistants ».** — Modification des articles 4, 5, 7 et 23 des Statuts. — Adoption des articles 1, 2, 4, 6, 44 et 47 du nouveau Règlement.

Adoptée par 121 voix contre 29.

2ᵐᵉ Résolution : **Augmentation du nombre des Membres du Comité. Répartition en 6 sections. Composition des Sections et du Bureau.** — Modification des articles 8, 10, 18 et 20 des Statuts. — Adoption des articles 12, 13, 16, 17 et 40 du nouveau Règlement.

Adoptée par 106 voix contre 46.

3ᵐᵉ Résolution : **Vote par correspondance. Établissement des listes. Mode d'élections.** — Modification des articles 8, 10, 17, 18, 19, 20 et 22 des Statuts. — Adoption des articles 7, 8, 9 et 48 du nouveau Règlement. — Suppression des articles 10 et 52 du Règlement actuel.

Adoptée par 109 voix contre 40.

4ᵐᵉ Résolution : **Secrétaires Techniques.** — Modification des articles 5, 10 et 20 des Statuts. — Adoption de l'article nouveau 21 des statuts et des articles 13, 16 et 56 du nouveau Règlement.

Adoptée par 114 voix contre 35.

5ᵐᵉ Résolution : **Secrétariat administratif et articles d'ordres divers.**

(a). — Modification des articles 23, 26, 28, 30, 32 et 33 des Statuts. — Adoption des articles 15, 44, 64, 75, 81, 86, 90 à 93, 100 et 108 du nouveau Règlement.

(b). — Modifications de pure forme et adoption des articles 6, 14, 16, 21, 24, 25, 27, 29 et 34 des Statuts et 10, 18, 19, 27, 31, 60, 73, 74, 77, 79, 87, 95, 97, 102, 103, 105, 110, 111, 115, 116 et 120 du nouveau Règlement.

Adoptée par 117 voix contre 32.

Toutes les Propositions de Modifications, ayant réuni plus de 105 voix, sont adoptées.

La proclamation de ces résultats ne donne lieu à aucune observation.

M. le Président dit que, conformément aux Statuts et au Règlement l'approbation en sera demandée à l'Autorité supérieure.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Président,
L. Salomon.

Le Secrétaire,
J.-M. Bel.

ANNEXE

AU

PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE EXTRAORDINAIRE

Du 26 Décembre 1902

RAPPORT

DE LA

COMMISSION D'EXAMEN

Lu par M. G. DUMONT, Rapporteur,

à la séance spéciale du Comité du 27 novembre 1902 et à la séance extraordinaire de la Société du 26 décembre 1902.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

La Commission d'étude nommée par la Société dans sa séance du 21 novembre 1902, conformément à l'article 127 de notre Règlement, pour examiner la proposition de revision de nos Statuts et de notre Règlement, déposée sur le bureau de la Société le 21 novembre 1902 et prise en considération le même jour par l'Assemblée, s'est réunie au siège de la Société, le samedi 22 novembre, à deux heures de relevée.

Cette Commission, composée de MM. Loreau et G. Dumont, anciens Présidents, et de MM. Bodin, Couriot et Moreau, Vice-Présidents, a nommé M. Loreau, Président, M. Couriot Vice-Président, et m'a chargé de vous faire connaître le résultat de son examen.

Son premier soin, après avoir étudié les modifications proposées, a été d'entendre MM. Buquet, Canet, Brüll, Hillairet et Cornuault, qui ont signé la demande en revision, afin de recueillir toutes explications utiles et de se bien pénétrer des raisons qui militent en faveur de ces modifications.

Après s'être ainsi éclairée, la Commission a délibéré et a décidé de soumettre à votre approbation l'adoption des modifications

proposées. J'ajoute que la Commission a cru devoir apporter quelques légers changements aux propositions de nos cinq Collègues et que ces changements ont été acceptés par eux.

Aux termes de l'article 32 de nos Statuts, le Comité doit délibérer sur les modifications proposées et les soumettre ensuite, avec le résultat de ses délibérations, à l'Assemblée générale qui sera convoquée dans ce but.

Nous croyons devoir vous rappeler que trois de nos anciens Présidents, MM. Molinos, Baudry et Mesureur, vous avaient déjà signalé la nécessité de certaines réformes.

En 1897, M. Molinos se préoccupait du mode d'élection du Comité, insistait sur la nécessité d'introduire chaque année des éléments nouveaux dans le sein du Comité et proposait, dans ce but, un certain roulement dans les élections.

En 1902, M. Baudry trouvait que pour donner à nos Sections une activité plus grande, il était indispensable que notre Comité contînt toujours une proportion convenable de Membres de chaque spécialité. Il se ralliait également aux observations de M. Molinos et constatait les graves inconvénients du mode actuel de procéder.

Enfin, la même année, M. Mesureur reconnaissait que l'organisation de notre Société était perfectible, et il annonçait que, d'accord avec le Comité, il allait poursuivre l'étude de ces améliorations.

Les auteurs des propositions actuelles se sont inspirés des desiderata de nos anciens Présidents.

Avant de passer à la lecture des articles des Statuts dont nos cinq Collègues demandent la modification, et d'examiner les nouveaux textes, il convient, croyons-nous, dans le but de faciliter la discussion, de vous faire connaître, aussi clairement que possible, le but que les auteurs de la proposition désirent atteindre et les moyens à employer pour y parvenir.

Si vous donnez votre approbation aux idées que nous allons vous soumettre, l'adoption des articles nouveaux des Statuts et des articles du Règlement qui commentent les premiers, serait subordonnée à des questions de forme dans leur rédaction.

Les réformes proposées se rapportent à quatre objets distincts, chaque groupe exigeant la modification d'un ou de plusieurs articles des Statuts et du Règlement, qui sont dépendants les uns des autres.

Première réforme.

La première réforme consisterait à créer une nouvelle catégorie de Membres ; elle entraînerait une simple addition aux articles 4, 5 et 7 des Statuts.

Comme vous le savez, notre Société se compose actuellement de Membres honoraires, de Membres sociétaires et de Membres associés.

Il vous est proposé de donner aux Membres honoraires le titre de Membres d'honneur, plus conforme aux habitudes des autres Sociétés et indiquant mieux le but que nous nous proposons en leur conférant ce titre, purement honorifique.

Il vous est proposé, ensuite, de créer une 4e catégorie de Membres sous le nom de Membres sociétaires assistants.

Ce titre serait demandé par les jeunes Ingénieurs qui, n'ayant pas encore une suffisante pratique pour briguer le titre de Membre sociétaire titulaire, pourraient, en attendant ce moment, assister à nos séances, concourir aux travaux de la Société, accroître ainsi la somme de leurs connaissances techniques et jouir enfin des avantages que peut leur offrir la Société, en ne payant qu'une cotisation de 25 francs.

Cette catégorie de Membres existe dans les Sociétés techniques étrangères; ainsi en Angleterre on n'acquiert le titre de Membre Sociétaire que si l'on peut justifier d'avoir exercé la profession d'ingénieur avec toutes les responsabilités qu'elle comporte.

Les auteurs de la proposition sont moins exigeants. Ils demandent seulement que, pour devenir Membre Sociétaire Titulaire, on puisse justifier de cinq années de pratique industrielle, et que, faute de pouvoir faire cette justification, le candidat au titre de Membre Sociétaire Titulaire fasse, comme Membre Sociétaire Assistant, un stage dont la durée sera réduite au nombre d'années qui lui manquent pour satisfaire à la condition susénoncée.

Ainsi un jeune ingénieur, sorti par exemple d'une école technique depuis trois années et ayant exercé sa profession pendant ce laps de temps, n'aura que deux années de stage à faire parmi nous pour obtenir le titre de Membre Sociétaire Titulaire. Durant ces deux années il sera Membre Assistant, payant seulement 25 francs de cotisation, mais n'ayant pas droit de vote et n'étant pas éligible aux fonctions de la Société.

A l'expiration des deux années de stage, il sera de plein droit Membre Sociétaire Titulaire.

Ce sera donc au candidat et à ses parrains à indiquer sur la demande d'admission que celui-ci se présente comme Membre Sociétaire Assistant en donnant toutes justifications utiles pour que le Comité puisse limiter au strict nécessaire la durée du stage.

Nous pensons que la mesure proposée est de nature à donner beaucoup plus de prix au titre de Membre Sociétaire Titulaire.

Rien ne serait changé aux qualifications, attributions et mode de réception des autres catégories de Membres.

Nous croyons devoir profiter cependant de l'occasion pour attirer l'attention du Comité sur la nécessité absolue de n'accueillir comme Membres Associés que des personnes qui, n'étant pas des Ingénieurs proprement dits, occupent une situation industrielle ou scientifique indiscutable; cette mesure nous paraît s'imposer avec d'autant plus de raison que les Membres Associés ont droit de vote, tandis que les Membres Sociétaires Assistants en seront privés.

Cette observation motive la modification proposée pour l'article 5.

Deuxième réforme.

La deuxième réforme réclamée nécessiterait la modification des articles 8, 10, 18 et 20 des statuts.

Ces modifications ont été dictées par le désir :

1° De donner une impulsion nouvelle à nos travaux techniques en en confiant la préparation à des Commissions composées d'un nombre suffisant de spécialistes;

2° De remédier à cet inconvénient, signalé à maintes reprises, du peu de temps dont le Président de la Société dispose pour se mettre au courant des différents services et de leur fonctionnement, ce qui l'oblige souvent à ne pas entreprendre des travaux dont il ne pourrait surveiller l'exécution, son mandat expirant au moment même où il serait préparé à faire profiter la Société de son expérience et de ses études.

La limitation à une année des fonctions du Président présentant cependant des avantages, il importait de trouver une solution qui permît de remédier aux inconvénients signalés plus haut sans augmenter la durée de la présidence.

Après mûres réflexions, les auteurs du projet de modifications vous proposent :

1° De porter de 34 à 45 le nombre des Membres élus du Comité, mesure qui trouve sa justification dans l'accroissement considérable du nombre des Membres de la Société depuis plusieurs années ;

2° De diviser ces 45 Membres du Comité en six grandes Sections de spécialistes, chaque Section ayant un Président et un Secrétaire. Le Président de Section serait chargé de provoquer les communications se rapportant à la spécialité qu'il représente et de fournir avec l'aide des Membres de sa Section des éléments de discussion. En un mot chacune des Sections constituant un groupe autonome, pourrait utilement travailler sous l'impulsion du Président de la Société et apporter ainsi sa part contributive et efficace à nos travaux communs.

3° De ne créer qu'un seul poste de Vice-Président.

Par le fait même de sa nomination, le Vice-Président deviendrait de droit Président l'année suivante. Il remplirait en réalité les fonctions de Président-Adjoint, ayant ainsi toutes facilités pour se familiariser pendant une année avec tous les détails de la fonction dont il serait investi l'année suivante. Il arriverait donc au poste de Président avec une connaissance parfaite des services et aurait une année complète pour mettre à exécution les améliorations ou poursuivre les travaux qu'il aurait pu étudier à loisir pendant son année de Vice-Présidence.

Ce moyen nous paraît de nature à remédier à l'inconvénient, signalé plus haut, de la trop faible durée de la Présidence, sans porter atteinte au principe de la limitation à une année des fonctions de Président.

Ces modifications auraient comme conséquence une nouvelle composition du Bureau, qui comprendrait :

Le Président ;
Le Vice-Président (devenant de droit Président l'année suivante) ;
Les six Présidents de Section ;
Le Trésorier.

Nous croyons devoir attirer votre attention sur le rôle important qui serait dévolu aux Présidents de Section.

Ces Présidents de Section seraient non seulement chargés de

provoquer et de préparer les travaux de la Société, ainsi qu'il a été expliqué, mais ils seraient appelés à suppléer le Vice-Président dans ses fonctions, en cas d'empêchement, et ils pourraient être invités à présider les séances de la Société lorsqu'on y discuterait des questions rentrant dans leur spécialité.

On peut espérer que, de cette façon, les discussions en séance publique, pourront prendre toute l'ampleur désirable, ce qui est un des éléments les plus importants pour l'autorité de la Société.

Nous ajouterons enfin que le choix du Vice-Président sera certainement et logiquement fait parmi les Présidents de Section.

Mais pour assurer à cette organisation son effet utile, il faut, évidemment, qu'elle ne puisse être bouleversée chaque année ; de là la nécessité de fixer à trois années le mandat des Présidents de Section et des Membres du Comité, lesquels seraient renouvelés par tiers chaque année.

Nous pensons que ces modifications sont de nature à accroître la prospérité de notre Société et nous vous proposons d'en adopter le principe.

Troisième réforme.

La troisième réforme a trait au mode de votation et a pour but de donner satisfaction aux Membres résidant hors de Paris et à ceux qui, habitant Paris, se trouvent empêchés de se rendre aux séances d'élection.

Elle nécessiterait la modification des articles 8, 10, 17, 18, 19 et 20 des Statuts.

Actuellement, nous votons une première fois, en Assemblée préparatoire, sur les noms des Collègues sortants, mais rééligibles, et de ceux qui nous sont présentés par des Membres de la Société, à la séance même.

Ce scrutin donne une liste de noms classés par le nombre de voix obtenues et sur lesquels se portent les suffrages définitifs dans la dernière réunion de Décembre.

Il résulte de ce mode d'opérer que les Membres résidant hors de Paris et ceux qui se trouvent absents de Paris, le jour de l'Assemblée préparatoire et le jour du vote définitif, ne peuvent exercer leur droit d'électeur. C'est un premier inconvénient. Il en résulte aussi que le candidat à une fonction élective doit se faire présenter en séance préparatoire par un ou plusieurs parrains, s'il n'est pas parmi les sortants rééligibles. C'est un deuxième

inconvénient, car il ne peut se présenter lui-même et il peut ne pas trouver un Collègue pour le proposer, ou, l'ayant trouvé, il peut être présenté avec plus ou moins d'à-propos, ce qui a une certaine influence sur le nombre de voix qu'il peut recueillir.

Enfin, ce mode de procéder a un troisième inconvénient; c'est de faire nommer les Membres dirigeants de la Société par un nombre de voix insuffisant, étant donnée l'importance des fonctions.

Ces inconvénients seraient évités si :

1° On admettait le vote par correspondance ;

2° On faisait les élections dans une seule séance, au scrutin de liste, à la majorité relative.

Nous ne nous dissimulons pas que l'objection qui se présentera tout d'abord à l'esprit de certains Collègues sera la crainte de donner une influence trop considérable à ceux qui dresseront la liste soumise aux votes de l'Assemblée et des Membres résidant hors de Paris.

Il faut, en effet, que l'établissement de cette liste soit entouré de toutes les garanties nécessaires. Aucun Groupe, quel qu'il soit, de Paris ou de la Province, ne doit prétendre imposer ses volontés à l'universalité des Membres de la Société, ni exclure des candidatures qui seraient utiles à la Société.

Nous pensons, avec les auteurs des propositions que nous étudions, que le moyen qu'ils préconisent remplira le but indiqué plus haut, en présentant les garanties d'impartialité indispensables.

Ce moyen consiste à soumettre au Comité, qui représente indiscutablement la Société et dont le nombre des Membres sera suffisant pour écarter toute crainte de coterie, toutes lès candidatures aux fonctions de la Société.

Les Candidats pourraient adresser eux-mêmes, sans intermédiaire, au Président de la Société, avant le délai fixé, leur candidature accompagnée de leurs titres à la fonction qu'ils désirent.

Les personnes qui croiraient utile de prendre l'initiative de propositions en faveur d'un Candidat opéreraient de même après s'être assurées de l'adhésion de la personne qu'ils ont l'intention de présenter.

Tous ces noms étant ainsi signalés au Comité avec les titres qui justifient les propositions, celui-ci procéderait au vote préparatoire.

Il en résulterait une liste qui servirait de base au vote définitif de la Société, chaque électeur étant libre, bien entendu, de biffer les noms qui ne lui conviendraient pas, sans s'inquiéter du rang qu'ils occupent dans la liste générale comprenant, nous le répétons, l'universalité des Candidats.

La plus grande liberté est donc laissée aux votants et toutes facilités se trouvent données aux Candidats pour briguer le poste qu'ils ambitionnent.

Il est à remarquer que les Membres du Comité étant élus pour trois ans, il y aurait chaque année à pourvoir au remplacement d'un ou de plusieurs de ces Membres par spécialité.

Autrement dit, y il aurait une ou plusieurs places de Mécaniciens, de Chimistes, etc.

Ce serait donc aux Candidats à faire valoir leurs titres pour la place qui se rapporte à la nature de leurs travaux ou de leur profession, ou même à la nature de leurs études préférées.

Quatrième réforme.

La quatrième et dernière réforme qui entraînerait la création d'un article 21 des statuts, a pour but d'assurer un bon fonctionnement du Secrétariat technique, de donner aux Secrétaires des fonctions bien définies, leur permettant de concourir utilement au travail des Sections pendant les années qu'ils pourront consacrer à la Société.

Ayant créé six Sections d'études, il était naturel d'attacher à chacune d'elles un Secrétaire, et il était logique de laisser à la Section la faculté de désigner pour ces fonctions les personnes qu'elle croirait les plus aptes à les remplir.

La modification proposée consiste donc à prendre les Secrétaires en dehors du Comité et à porter leur nombre de quatre à six.

Ils seraient élus par le Comité, sur la présentation de chacune des Sections à laquelle ils seront attachés.

Ces Secrétaires, qui seraient élus pour trois ans, mais qui seraient indéfiniment rééligibles, assureraient le service des procès-verbaux des Réunions du Bureau, du Comité et des Séances pleinières suivant un roulement établi par le Bureau.

Les Secrétaires techniques, quoique ne faisant pas partie du Comité, prendraient part aux délibérations des Sections au

même titre que les Membres de leur Section, et auraient voix consultative au Bureau et au Comité.

Il paraît évident qu'après avoir rempli, pendant plusieurs années, leur fonction dans les Sections, ils seront admirablement préparés pour devenir Membres du Comité, et il semble logique de penser qu'ils formeront, ensuite, d'excellents Présidents de Section.

Telles sont les raisons, Monsieur le Président, qui ont conduit nos cinq Collègues, MM. Buquet, Canet, Brüll, Hillairet et Cornuault à prendre l'initiative d'une demande de revision de certains articles de nos statuts et de notre règlement.

Vous connaissez maintenant les réformes qu'ils désirent voir adopter d'abord par le Comité et ensuite par la Société réunie en Assemblée générale, spécialement convoquée à cet effet. Vous avez pu vous rendre compte, par ce qui précède, des voies et moyens qu'ils préconisent pour atteindre le but qu'ils se proposent.

Le Comité pourra donc maintenant passer à l'examen des articles des Statuts et du Règlement qui seraient modifiés.

Le Rapporteur,

G. Dumont.

Paris, le 25 novembre 1902.

Le Président de la Commission,

A. Loreau.

RÉSOLUTIONS

SOUMISES AU VOTE DE L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

du 26 décembre 1902

Première résolution.

Changement du titre de Membre Honoraire en celui de Membre d'Honneur. — Création d'une nouvelle catégorie de Membres Sociétaires sous le titre de Membres Sociétaires Assistants.

(Modification des art. 4, 5, 7 et 23 des Statuts.
Art. 1, 2, 4, 6, 44 et 47 du nouveau Règlement).

Deuxième résolution.

Le nombre des Membres du Comité est porté de 34 à 45.

42 d'entre eux sont élus pour trois ans avec renouvellement par tiers chaque année. Ils sont répartis, par spécialité, en six Sections présidées chacune par un Président de Section élu en cette qualité par la Société.

Le Bureau est composé :

1° Du Président, dont le mandat reste fixé à un an;

2° Du Vice-Président, nommé chaque année et qui devient de droit Président après son année de Vice-Présidence;

3° Des six Présidents de Section, nommés pour trois ans;

4° Du Trésorier, indéfiniment rééligible.

(Modification des art. 8, 10, 18 et 20 des Statuts.
Art. 12, 13, 16, 17 et 40 du nouveau Règlement
et suppression de l'art. 18 du Règlement actuel).

Troisième résolution.

On pourra voter par correspondance. Le vote pour la nomination des Membres du Bureau et du Comité se fera en une seule séance, au scrutin de liste, à la majorité relative. La liste, divisée en Sections pour les candidats aux fonctions de Présidents de

Section et de Membres du Comité, comprendrait l'universalité des Candidats avec indication de leurs nom, prénoms et qualité, sans aucune élimination. Les Candidats seraient classés suivant le nombre de voix obtenu par eux dans un vote préparatoire du Comité, mais sans indication de ce nombre de voix.

(Modification des art. 8, 10, 17, 18, 19, 20 et 22 des Statuts. Art. 7, 8, 9 et 48 du nouveau Règlement et suppression des art. 10 et 52 du Règlement actuel).

Quatrième résolution.

Nouvelle organisation du Secrétariat Technique. Les Secrétaires Techniques, au nombre de six (au lieu de quatre), sont élus par le Comité sur la présentation de chacune des Sections auxquelles ils sont attachés.

Ils sont élus pour trois ans, mais sont indéfiniment rééligibles. Ils assistent aux séances du Comité et du Bureau avec voix consultative. Ils ont voix délibérative dans leur Section. Ils rédigent les procès-verbaux des Sections, du Comité, du Bureau et des séances de la Société.

(Modification des art. 5, 10 et 20 des Statuts; nouvel art. 21; art. 13, 16 et 56 du nouveau Règlement).

Cinquième résolution.

Secrétariat Administratif et articles d'ordres divers.

(a) *Modification des art. 23, 26, 28, 30, 32 et 33 des Statuts. Adoption des art. 15, 44, 64, 75, 81, 86, 90 à 93, 100 et 108 du nouveau Règlement.*

(b) *Modification de pure forme et adoption des art. 6, 14, 16, 21, 24, 25, 27, 29, et 34 des Statuts et 10, 18, 19, 27, 31, 60, 73, 74, 77, 79, 87, 95, 97, 102, 103, 105, 110, 111, 115, 116 et 120 du nouveau Règlement.*

IX[e] CONGRÈS INTERNATIONAL DE NAVIGATION[1]

TENU A DUSSELDORF

du 29 juin au 5 juillet 1902

PAR

M. L. COISEAU

Les Congrès internationaux de navigation se tiennent tous les deux ans et, chaque fois, dans un pays différent; ce Congrès était le neuvième et c'est en Allemagne, à Dusseldorf, qu'il s'est tenu; cette ville était bien choisie, car il y avait cette année une exposition régionale des plus intéressantes; elle se trouve au centre d'un mouvement considérable de navigation.

Dans ces Congrès, les questions de navigation sont divisées en deux branches principales : la navigation intérieure et la navigation maritime.

Première section : **Navigation intérieure.**

Les questions à étudier dans la première Section étaient les suivantes :

1° Moyens de racheter les grandes différences de niveau;

2° Droits de navigation;

3° Diminution de valeur du charbon et du coke par suite de transport par bateau.

Première question : Moyens de racheter les grandes différences de niveau.

A la première question, treize rapporteurs avaient répondu, dont :

3 Allemands;
1 Autrichien;
2 Belges;
1 Français;
2 Anglais;
1 Américain;
1 Danois;
1 Russe;
1 Argentin.

(1) Voir planche n° 44.

Ces rapports traitent :

1° Des écluses ordinaires et des perfectionnements apportés dans leur construction, des grandes hauteurs de chute que l'on peut en pratique se permettre, tout en économisant l'eau par l'emploi de bassins d'épargne, mais il n'a pas été apporté d'exemple.

Aux États-Unis, une commission, nommée spécialement, s'est prononcée sur ce sujet pour l'adoption d'écluses pour franchir la différence de niveau produite par les chutes du Niagara, en contournant celles-ci et en construisant des écluses accouplées de 12,20 *m* de chute ; les portes médianes des écluses du canal, profond de 9,10 *m*, auront ainsi à supporter par moments des charges d'eau de 23,50 *m*.

2° Des élévateurs hydrauliques et à flotteurs.

Les élévateurs hydrauliques existant actuellement sont au nombre de trois et sont, par ordre de date de construction, celui d'Anderton en Angleterre, celui des Fontinettes en France et celui de La Louvière en Belgique. Les Ingénieurs chargés de leur exploitation et de leur entretien s'accordent à dire que ces engins sont pratiques pour des hauteurs de 15 à 20 *m* et pour des bateaux de 300 à 400 *t*.

Il n'existe actuellement qu'un seul élévateur à flotteurs (*fig. 1 et 2, pl. 44*), c'est celui d'Henrichenburg sur le canal de Dortmund à l'Ems. Il franchit une différence de niveau de 14 *m* et élève des bateaux de 800 *t*.

Le sas est porté par vingt appuis, reliés à cinq flotteurs qui plongent dans des puits. La position horizontale du sas est assurée, pendant la manœuvre, par quatre vis-guides commandées par un même mécanisme.

Les opérations de montée et de descente sont obtenues, le sas étant en équilibre avec les flotteurs, pour la première, en laissant échapper une petite tranche d'eau du sas ; l'ensemble monte à une vitesse réglée par celle des vis placées aux quatre angles et mues par une machine à vapeur. La descente se fait en ajoutant, au contraire, une tranche d'eau dans le sas et toujours par la manœuvre des vis.

Pour la manœuvre des vis et celle des pompes, il y a deux machines de 280 *ch* de force.

Le prix de revient d'une éclusée est de trois marks.

L'Ingénieur, chargé de l'exécution de ce travail, estime, à la

suite de l'expérience qu'il vient de faire, qu'il serait possible de construire des élévateurs du même genre avec quelques modifications, notamment la suppression de quatre vis-guides, et qui pourraient franchir des différences de niveau de 30 à 50 *m*; il indique dans leurs grandes lignes les dispositions qu'il y aurait à adopter.

3° Des plans inclinés.

Le nombre des plans inclinés sur lesquels on transporte des bateaux est assez restreint, et les bateaux-manœuvres n'ont qu'un faible tonnage.

Les plus connus sont ceux de l'Oberland prussien, celui de Blackhill en Écosse, ceux du canal Morris et du canal de Chesapeake en Amérique.

Les premiers sont formés de deux glacis passant au-dessus de différences de niveau de 10 à 30 *m*, sur lesquels des bateaux de 50 à 70 *t* sont portés à sec sur des berceaux métalliques roulant sur des voies ferrées.

Sur le plan incliné de Blackhill, du canal de Monkland (Écosse), on élève, dans un sas plein d'eau, des bateaux vides reposant légèrement sur le fond, à une hauteur de 29,28 *m*.

Sur le plan incliné de Georgetown, sur le canal de Chesapeake et Ohio (États-Unis) qui rachète une chute d'environ 11,60 *m*, on manœuvre des bateaux de 125 *t* portés dans un bac rempli d'eau, mais reposant légèrement sur le fond.

Il n'y a qu'un sas; il est équilibré par deux contrepoids placés sur des wagons qui roulent sur des voies.

Sur celui de Foxton, dans le Grand Junction canal, deux sas transversaux de 24,4 *m* de longueur, équilibrés, élèvent des bateaux de 70 *t* à une différence de niveau de 22,90 *m*.

Si le nombre des plans inclinés en exploitation est petit, celui des projets en est par contre considérable; en vue notamment de l'achèvement du canal de la Marne à la Saône, de la construction du canal de l'Escaut à la Meuse, de celle du canal de l'Oder au Danube, du canal Danube-Mold au Elbe.

Il y a là, pour l'Ingénieur, un sujet d'études intéressantes

Les avantages des plans inclinés sont importants théoriquement : ils peuvent racheter des chutes sans limites, et ils peuvent s'adapter facilement au terrain.

Il semble que c'est en Autriche que la plus prochaine application des plans inclinés doive se faire.

L'expérience indiquera ensuite à quel moyen on doit donner la préférence pour racheter les grandes différences de niveau.

Le Congrès avait à délibérer sur les questions suivantes :

1° Les bateaux doivent-ils être transportés à sec ou à flot sur les plans inclinés ?

2° Doit-on chercher, dans le fonctionnement des plans inclinés, une compensation des poids se déplaçant simultanément vers le haut et vers le bas, ou bien peut-on obtenir plus avantageusement l'équilibrage des énergies par l'emmagasinage d'énergie électrique ?

3° Doit-on recommander, pour l'essai d'un plan incliné à construire, un mode spécial de support pour le chariot du sas ?

4° Doit-on recommander l'emploi des élévateurs hydrauliques, à sas placé sur un plongeur médian pour les hauteurs plus grandes que 15 à 20 *m* et pour les bateaux de plus de 400 *t* ?

5° Est-il avantageux, avec un trafic modéré, d'équilibrer entre eux les sas de deux élévateurs voisins ayant la même chute ?

6° Quels perfectionnements semblent utiles pour les élévateurs à flotteurs ?

7° Les écluses ordinaires sont-elles les seules recommandables pour les canaux maritimes ?

8° Les bassins d'épargne, déjà admis pour les canaux intérieurs, peuvent-ils être pris en considération pour les écluses maritimes ?

9° Les nouveaux efforts faits, pour la réalisation de l'écluse sans consommation d'eau, sont-ils à encourager ?

Les résolutions du Congrès sont les suivantes :

1° Les écluses à sas restent les engins les plus simples et les plus robustes pour franchir les chutes des canaux. Les bassins d'épargne permettent de réduire très notablement leur consommation d'eau, sans augmentation exagérée de la durée des éclusages. Il y a lieu d'encourager les études ayant pour but de diminuer encore cette consommation ;

2° Dans le cas de différences de niveau exceptionnelles à racheter sur une faible longueur, on possède pour les canaux à grand trafic, dans les échelles d'écluses doubles, un procédé très pratique quand l'alimentation est suffisamment abondante. Si les ressources alimentaires font défaut, les ascenseurs verticaux constituent un procédé qui a la sanction de l'expérience ;

3° Les plans inclinés, appliqués seulement jusqu'ici à des

bateaux de faibles dimensions, ont fait, pour des bateaux de navigation intérieure de fort tonnage, l'objet de propositions ingénieuses. Le Congrès émet le vœu qu'un essai pratique, comportant la construction et l'exploitation d'un de ces engins, soit effectué le plus tôt possible.

Deuxième question : Droits de navigation.

Huit rapporteurs y ont répondu :

2 Belges,
3 Allemands,
1 Français,
1 Anglais,
1 Hollandais.

A la question de savoir : si, par une élévation des droits de navigation sur les voies navigables intérieures et dans les ports intérieurs, on peut arriver à couvrir les frais de service et d'entretien et à obtenir un intérêt raisonnable du capital d'installation ?

Il a été répondu que la comparaison des frais de transport par rails ou par canaux montre que l'on peut facilement charger la navigation d'un droit de 0,010 *f* par tonne-kilomètre, sans diminuer le pouvoir de concurrence des canaux vis-à-vis des chemins de fer.

C'est ce chiffre qui a été prévu comme maximum dans le tout dernier projet de loi française sur la construction de nouvelles voies navigables.

Dans ce dernier cas, le prix du fret s'élèverait à 0,019 *f* par tonne-kilomètre, chiffre bien inférieur à celui de la tonne-kilomètre transportée par chemin de fer, qui ne peut descendre audessous de 0,025 *f* à 0,030 *f*.

Les mêmes idées paraissent être admises par les autres nations, avec quelques réserves cependant, sur l'opportunité de l'application des droits pour certains canaux.

Il semble donc que, dans tous les pays, il est admis que la navigation doit payer un droit, non seulement pour parer à l'exploitation, à l'entretien, mais aussi pour rémunérer le capital de premier établissement.

Les résolutions relatives à cette question sont les suivantes :

1° Le droit de navigation sur les voies navigables artificielles ne doit pas dépasser une valeur telle qu'il fasse manquer le but

qu'on se propose pour la voie navigable, ou lui cause un préjudice sérieux, et arrête la fonction économique de la navigation;

2° Dans les pays où il est reconnu par la loi ou par l'opinion publique, que les droits de navigation sur les voies navigables artificielles devraient couvrir au plus les frais d'entretien et d'exploitation, ainsi que le produit usuel des intérêts et l'amortissement du capital, il semble tout naturel, en établissant le chiffre des droits, de tenir compte aussi du bénéfice indirect financier résultant, pour les finances de l'État, de l'élévation de force contributive opérée par la voie navigable.

Il ne faudrait s'en abstenir que si des considérations politiques obligeaient à exiger de la voie navigable un plus fort rendement financier;

3° La réponse à la question de savoir si l'on peut établir des droits de navigation sur les voies navigables artificielles de manière à couvrir les frais d'entretien et d'exploitation et de tirer du capital d'installation un intérêt raisonnable, dépend d'une série de circonstances diverses : principalement de la longueur et de la capacité de la voie navigable considérée, de l'importance du trafic de cette voie et de celle des tarifs de chemin de fer, du système de perception et de calcul des tarifs, des buts économiques et politiques au point de vue du transport qu'on poursuit avec la voie navigable.

Dans certaines circonstances, il est possible, en établissant des droits de navigation sur les voies navigables artificielles, d'arriver à couvrir les frais d'exploitation et d'entretien, et de tirer du capital d'installation un intérêt raisonnable.

Troisième question : Diminution de valeur du charbon et du coke par suite du transport par bateau.

Trois rapports ont été déposés sur cette question : 2 par des Allemands, 1 par un Français, notre Collègue M. Grüner, qui pourra vous rendre compte des discussions qui ont eu lieu sur cette question, mieux que nous ne pourrions le faire nous-même.

Nous nous contenterons de dire qu'il a été constaté que les pertes principales se produisent à l'embarquement, au débarquement et à l'allègement éventuel, par suite de la formation de menu.

La résolution du Congrès est ainsi conçue : Pour les charbons friables, qui ont une tendance à diminuer de valeur en cours de

transport, les installations actuelles, brouettes, quais à déversoir, culbuteurs, et les combinaisons de ces divers appareils ne paraissent pas donner des résultats complètement satisfaisants; en conséquence, le Congrès émet le vœu que les différentes associations ou compagnies ouvrent des concours à l'effet de rechercher les améliorations à introduire en vue de réaliser, soit un chargement, soit un transport, soit un déchargement, soit un allègement plus satisfaisant des charbons ou des cokes.

Il y aurait lieu de considérer les qualités très diverses de charbon dans les différents bassins houillers.

Deuxième Section : **Navigation maritime.**

Trois questions étaient posées dans cette section :

Première question : Frais de construction et d'entretien des portes d'écluses en fer et en bois;

Deuxième question : Transport par chalands maritimes (allèges de mer);

Troisième question : Installations de Docks.

Première question : Frais de construction et d'entretien des portes d'écluses en fer et en bois.

Cinq rapports ont été déposés sur la première question :

1 Allemand;
1 Anglais;
1 Belge;
1 Français;
1 Hollandais.

Les Allemands, les Français et les Hollandais sont d'avis que pour des portes ayant moins de 12 à 15 *m* de largeur et 9 *m* de hauteur, les portes en fer, en acier, ou en bois se valent; qu'au dessus de ces dimensions, les portes en fer sont préférables; que les portes en fer sont, d'une manière générale, tant du côté économique que pour des raisons d'opportunité, supérieures aux portes en bois, et qu'elles le seront d'autant plus qu'en profitant de l'expérience, on parviendra à prolonger sensiblement leur durée.

Les Belges ne sont pas fixés sur la question.

Quant aux Anglais, ils préfèrent de beaucoup les portes en bois et particulièrement en laurier dur, même pour des écluses de grande largeur.

Les premiers indiquent une durée moyenne de 30 ans aux portes en bois et de 40 aux portes en fer.

Les Anglais, au contraire, attribuent aux portes en bois, et particulièrement de laurier dur, une durée illimitée, et aux portes de fer une durée de 30 ans.

Les frais de premier établissement, pour des portes d'écluses jusqu'à 13 *m*, sont, pour le bois de chêne, d'environ 200 *f* le m^2 et, pour le fer, de 250 *f* en Hollande et de 300 *f* en France.

Pour des écluses de 20 à 25 *m*, les portes en fer coûtent environ 400 *f* du m^2.

Quant aux portes en bois de laurier dur, elles coûtent sensiblement plus cher que les portes en fer.

Les frais d'entretien des portes en bois ressortent à une moyenne de 6 *f* par m^2 et par an, ceux des portes en fer à 3 *f*.

Les résolutions prises par le Congrès sur cette question sont les suivantes :

1° Sur la question de savoir si l'on doit préférer le bois ou le fer pour la construction des portes d'écluses, le Congrès est d'avis qu'il ne peut être pris de conclusion absolue.

2° Le choix entre les deux solutions doit être fait, dans chaque cas particulier, d'après les circonstances financières et techniques de l'espèce.

3° Pour les grandes ouvertures, les considérations suivantes militent en faveur des portes métalliques : il est plus facile d'assurer leur résistance et leur stabilité; leur manœuvre peut être exécutée plus facilement et plus rapidement; enfin leur levage et leur mise en place sont plus rapides et moins coûteux que pour les portes en bois.

Deuxième question : Transport par chalands maritimes (allèges de mer).

Cinq rapports ont été déposés sur cette question, dont deux Allemands, un Français, un Danois et un Russe.

Des renseignements fournis, il ressort que ce mode de transport aurait pris naissance à Rotterdam et aurait servi au transport des charbons de la côte Est Anglaise vers les ports de la Mer du Nord et de la Baltique; leur tonnage est de 1.200 *t* avec un tirant d'eau de 4,25 *m*; par beau temps, on peut remorquer simultanément deux allèges, ce qui permet d'amener un chargement de 2.400 *t* dans des ports dont le tirant d'eau serait insuffisant pour

recevoir un seul navire d'un pareil tonnage. Il paraît que l'on construit des allèges de mer de 2.000 *t*. Mais il ne s'agit ici que d'allèges exclusivement pour la mer. Celles construites pour naviguer sur les canaux intérieurs et sur la mer, sont d'une tout autre importance; on conçoit facilement, par exemple, que des allèges venant prendre des chargements de charbon à Ruhrort et Duisburg pour les transporter directement dans les ports de la Baltique, puissent le faire à un fret inférieur à celui d'un navire à vapeur, qui nécessite un premier transport, soit par bateau, soit par chemin de fer.

En 1852, d'après le rapport de M. Guérard, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, le transport par allèges maritimes avait commencé entre les localités des bords du Rhône et Marseille.

En Allemagne, l'emploi des allèges de mer date de 1863.

Les bateaux employés ont à peu près les mêmes dimensions que ceux de la Méditerranée : Longueur 55 à 60 *m*; Largeur 7 à 8 *m*; Creux du bateau 2,50 *m* à 3,50 *m*; Tirant d'eau à vide 0,50 *m* à 0,70 *m*, en charge 1,25 *m* à 2,85 *m*; Tonnage 500 à 800 *t*.

Il y a des transports par allèges sur la Méditerranée, tout le long de la côte entre Menton et Aigues-Mortes.

Le transport par allèges sur le Weser et l'Elbe est très important; Brême a installé ce mode de transport sur une grande échelle.

Les armateurs de Brême et de Hambourg possédaient, à la fin de 1900, 144 allèges maritimes avec un tonnage de 77.250 *t*. Aussi, dans ce pays, étudie-t-on cette question avec beaucoup de soin; il est probable que l'emploi des allèges qui servent aux deux buts, sur les canaux et sur mer, prendra un développement considérable.

Tous les rapporteurs s'accordent à dire que les allèges maritimes offrent de grands avantages et une grande économie de transport, comparées aux autres moyens, chemins de fer et bateaux à vapeur, du fait de l'effectif réduit des équipages, de la possibilité de longs stationnements sans grands frais; au besoin même, ces allèges peuvent servir de magasins, ce qui évite des déchargements et rechargements.

Mais il y a une limite à la distance avantageuse pour les transports par allèges : les Compagnies s'accordent à considérer le remorquage en mer sur 400 *km* comme un maximum.

Les Sociétés de Hambourg et de Brême emploient, pour le remorquage des allèges, des remorqueurs qui ont jusqu'à 600 *ch* de force.

Il paraîtrait que l'emploi de ces allèges n'a pas nui aux voiliers de cabotage, mais que les petits caboteurs à vapeur en ont souffert. Aussi ce mode de transport est-il en butte aux attaques les plus vives.

Voici les résolutions adoptées par le Congrès :

1° Le Congrès est d'avis que l'usage des allèges de mer présente un intérêt considérable pour le commerce et l'exploitation des ports, et que cette importance augmentera probablement encore.

Il est également d'avis qu'il convient d'éviter toute réglementation spéciale susceptible de gêner la circulation des allèges dans les canaux et dans les ports ;

2° Quant aux dimensions des allèges, il convient de les proportionner aux dimensions des canaux.

Il semble désirable que les voies navigables débouchant directement dans la mer aient une profondeur de 3 *m* et une largeur correspondante.

La grandeur des allèges n'est limitée que par la puissance des remorqueurs ;

3° La Mer du Nord et la Baltique, ainsi que les côtes de la Méditerranée, ne constituent pas les seules zones d'utilisation des allèges ; mais il n'y a pas encore d'expérience suffisante sur l'utilisation des allèges dans la navigation de l'Océan ;

4° L'emploi des allèges de mer ne saurait remplacer les voies navigables intérieures.

Troisième question : Installations de docks (Appareils de radoub).

Quatre rapports ont été déposés sur cette question : deux allemands, un français et un hollandais.

La réponse à cette question consistait à faire une comparaison entre les différents systèmes d'appareils de radoub : cales sèches, docks flottants, cales de halage et appareils élévatoires, mais surtout entre les deux premiers.

Deux des rapporteurs, un Allemand et un Hollandais, se prononcent en faveur des docks flottants, et donnent des renseignements intéressants sur les prix de ces appareils.

Ils comptent qu'un dock flottant en acier ou en fer coûte environ 300 *f* par tonne de force portante. Ainsi un dock flottant capable de recevoir un navire de 10 000 *t* coûterait trois millions; les prix du terrain et des travaux de terrassement et dragage

nécessaires à l'installation du dock ne sont pas compris dans ce chiffre.

Les deux autres rapporteurs, au contraire, préconisent les cales sèches en maçonnerie, et l'un d'eux, le Conseiller de construction, M. Rudloff de Brémerhaven, cite comme exemple la cale sèche de cette ville, construite dans des conditions coûteuses, la fondation ayant dû être poussée jusqu'à 18,50 *m* de profondeur pour trouver le terrain résistant, avec des dimensions lui permettant de recevoir les plus grands navires, tels que l'*Oceanic* et l'*Empereur Guillaume II*, jaugeant 25 000 *t*.

Cette cale sèche a coûté 5 millions de francs ; un dock flottant de même puissance aurait coûté 6 500 000 à 7 millions de francs.

M. Deprez, Ingénieur des Ponts et Chaussées, montre, dans un rapport très documenté, qu'en France l'emploi des cales sèches est le plus répandu, que ce sont les appareils de radoub les plus parfaits, parce qu'ils présentent un caractère définitif et permanent, ce qui n'est pas le cas du dock flottant en fer ou en acier, dont la durée est limitée ; après cinquante ans, il faut le remplacer, et, en somme, nous avons vu que, pour les gros navires, il n'est pas plus économique de construction que la cale en maçonnerie.

Pour des cas particuliers le dock flottant a peut-être sa raison d'être, par exemple aux colonies, où il est quelquefois difficile et trop coûteux de construire des cales en maçonnerie, tandis qu'on peut très bien remorquer un dock flottant, prêt à fonctionner à son arrivée à destination ; c'est encore vrai pour le radoubage de navires de petites dimensions, et encore, dans ce cas, les cales de halage sont-elles à préférer, à cause de leur construction facile, du peu de place qu'elles occupent et enfin de leur faible coût.

Les résolutions du Congrès, à cet égard, sont les suivantes :

1° Pour choisir le système à établir dans un chantier de réparation de navires, la première question qui se pose est de savoir si ce chantier doit servir à l'outillage d'un port dans l'intérêt général de la navigation, ou s'il doit produire des bénéfices immédiats comme installation exploitée indépendamment.

Dans le premier cas, les cales sèches sont presque toujours préférables à tous les autres systèmes, vu les qualités de simplicité, de durée et de sûreté qu'elles offrent ; dans le deuxième cas, des installations moins coûteuses peuvent être plus avantageuses ;

2° Pour la réparation de très grands navires, il n'y a actuellement que les cales sèches et les docks flottants qui puissent être mis en parallèle.

Aucun des deux systèmes ne présente sur l'autre des avantages tels qu'il soit sûrement plus avantageux de n'employer que l'un d'entre eux. Dans chaque cas, les avantages et les inconvénients des deux systèmes doivent être soigneusement pesés ;

3° Pour décider surtout de ce choix, il y a à tenir compte des considérations suivantes :

a) La puissance qu'on exige du dock, en ce qui concerne la rapidité, la sécurité et la diversité des travaux à exécuter ;

b) Le temps accordé pour la construction ;

c) L'économie de l'installation : celle-ci devra souvent être négligée, en raison des grands bénéfices que la navigation toute entière retire d'un dock.

En dehors des questions portées à l'ordre du jour du Congrès, de nombreuses communications ont encore été faites, sur la résistance des bateaux à la traction, sur les différents moyens employés pour cette traction, sur les bateaux à tirant d'eau inférieur à 0,75 *m*, sur l'emploi comme force motrice de l'eau des barrages des fleuves et rivières canalisés, sur les moyens artificiels employés pour l'entretien des ports (chasses), sur la protection des phares, sur les différents appareils de dragage, sur les progrès accomplis dans les signaux maritimes, sur les travaux de dragage du port et des canaux de Saint-Pétersbourg, sur les canaux maritimes aux embouchures du Dnièpre et du Boug, sur l'exploitation du canal Empereur-Guillaume, sur les ports de la côte occidentale du Portugal, sur les travaux de construction d'un port à Monaco, et enfin sur les moyens automatiques à employer pour l'enlèvement des barres à l'embouchure des fleuves de l'Océan par l'action des eaux.

Comme à tous les congrès, les excursions aux travaux en cours ou achevés figuraient au programme, et certainement ce ne fut pas la partie la moins intéressante ni la moins instructive de celui-ci, car la contrée de l'Allemagne dans laquelle s'est tenu le Congrès offre une variété de travaux et une richesse d'industrie bien faites pour satisfaire les recherches et les études des Ingénieurs.

Voici les diverses visites qui ont eu lieu :

Dusseldorf d'abord *(fig. 3* et *4, pl. 44)*, en outre d'installations

de port très intéressantes et des plus modernes, comme disposition et comme outillage, offrait aux Ingénieurs son exposition et particulièrement son importante galerie des machines, sa métallurgie, ses moyens de levage, etc., etc.

Duisburg et Ruhrort *(fig. 5, pl. 44)*. Avec leurs moyens de chargements et de déchargements, leurs bassins existants ou en construction, leurs gares avec leurs nombreuses voies ferrées, les heureuses dispositions adoptées pour desservir les quais, et cela de la façon la plus économique.

Elberfeld, avec son chemin de fer électrique aérien à wagons suspendus, alimenté par des turbines à vapeur de 1 500 *ch* actionnant directement les dynamos.

Cologne, dont les constructions et installations de port n'ont pas coûté moins de 20 000 000 de marks, offre plus de 10 *km* de quai, avec de nombreux appareils de levage, des élévateurs à grains, à la flotte qui navigue sur le Rhin.

Dortmund montre également un port et des installations bien conçues, non loin de l'ascenseur d'Henrichenburg dont nous avons parlé plus haut.

La maison Krupp avait invité à visiter ses usines les membres du Congrès qui ont pu se rendre compte de leur grande importance.

Reimscheid et Mungsten reçurent également la visite des Congressistes.

Après les excursions aux canaux et ports intérieurs sont venues celles aux ports maritimes et au canal Empereur-Guillaume.

La ville de Brême nous fit les honneurs de son port, qui ne pouvait, il y a une dizaine d'années, recevoir des navires calant plus de 3 à 4 *m*, et qui en reçoit maintenant de 6 *m*, grâce aux travaux si bien compris de rectification du Weser, exécutés sous la direction de l'Ingénieur Franzius.

Bien que les bassins que nous avons visités n'aient pas paru très bondés de navires, nous avons pu voir en construction de nouveaux bassins qui feront plus que doubler le pouvoir de trafic du port actuel.

Le port de Bremerhaven, à l'embouchure du Weser, attache des grands navires du Nord-Deustcher Lloyd, est très intéressant comme installations et comme outillage, particulièrement par ses grands appareils de levage.

Les Congressistes, après s'être embarqués sur un navire de la grande Compagnie et avoir fait une promenade en mer, jusqu'au

phare de Rothersand, sont venus débarquer à Brünsbuttel, embouchure du Canal Empereur-Guillaume, où les écluses furent visitées.

La drague à succion Empereur-Nicolas, employée depuis un an au dévasement, et qui ressemble à s'y méprendre, comme système de construction, à celle que nous avons étudiée et construite, et qui travaille depuis cinq ans sur nos travaux des ports et du canal maritime de Bruges, nous fut montrée comme une nouvelle invention.

Le canal maritime qui relie la mer du Nord à la Baltique, a déjà un très grand trafic; les travaux de soutien des rives qui avaient offert, dans les premiers temps, des difficultés, ont donné de bons résultats; les perrés de protection des rives particulièrement, qui sont dans tous les canaux d'un entretien assez coûteux, paraissent ici en très bon état; et, d'après ce que nous a dit l'Ingénieur en Chef du canal, exigent peu de frais de réfection.

Le canal débouche dans la rade de Kiel par une grande écluse semblable à celle de Brünsbuttel : elles nous ont paru bien compliquées comme portes et comme machines pour les manœuvrer.

Dans la rade de Kiel, nous avons pu voir mouillée une grande partie de la flotte allemande.

La visite de l'Arsenal faisait partie du programme, mais c'est plutôt avec nos jambes qu'avec nos yeux que nous avons pu le visiter, car nous sommes passés dans les ateliers en faisant du huit à l'heure.

Nous sommes cependant arrivés à un ouvrage important : ce sont deux bassins de radoub en construction, dont l'un était à sec et que nous avons pu visiter tout à notre aise.

Ces bassins sont construits par la méthode employée par feu notre Collègue Montagnier et par nos Collègues Zchokk et Terrier, au moyen de caissons-cloches à air comprimé, opérant par assises successives, qu'on fait se recouper, de façon à couvrir les joints de deux tronçons successifs *(fig. 6, pl. 44)*.

Ces cales sont entièrement en béton de gravier avec chaux, trass et ciment, à l'exception des parements intérieurs qui sont en pierres et briques.

Ce que nous avons vu là est très intéressant; on ne peut pas précisément dire que l'ouvrage soit très étanche, car il y a des drains dans tout le radier, pour conduire les eaux d'infiltration

à deux puisards, où des pompes centrifuges les épuisent pour les rejeter à la mer. Il y a certainement plus de 100 *ch* employés à ce travail.

La partie du radier, comprise entre la tête fermée par un bâtardeau et la chambre du bateau-porte, était brisée, malgré l'épaisseur considérable de béton formant la fondation; on nous a parlé de 7 *m*; l'eau passait en très grandes quantités à travers cette cassure, et entraînait même quelque peu de sable.

Si nous avions eu à construire ces cales, nous aurions employé certainement un autre système, qui n'aurait pas coûté plus cher que celui adopté; on nous a parlé de 5 millions de marks.

Les excursions se sont terminées par la visite du port de Hambourg; un bateau à vapeur de la Hamburg Americanische Packetfahrt a promené les excursionnistes à travers tout le port, et leur a permis de juger de l'immense trafic qui s'y fait; le mouvement est colossal; les installations, les bassins sont innombrables, et malgré cela, on en construit quantité de nouveaux; nous avons pu cependant voir un grand nombre de navires à la chaîne, attendant le moment d'être employés.

Le port de Hambourg montre des applications de presque tous les moyens de transmission de force; ces installations ont été faites les unes après les autres, au fur et à mesure des progrès, et ont été maintenues.

La vapeur fut naturellement la première employée : il y a une station centrale qui la distribue aux appareils de levage et de manutention sur une assez grande longueur; il y a une autre station centrale pour la distribution hydraulique et enfin une pour la distribution électrique.

Ce Congrès a été certainement très intéressant et instructif, et si nous n'avons rien vu d'absolument nouveau, et que nous ne fassions nous-mêmes en France, nous avons pu juger que nous ne tarderions pas à rencontrer dans le pays parcouru des concurrents sérieux comme Ingénieurs et comme Constructeurs.

Les nombreux travaux que l'on exécute en Allemagne, forment ces Ingénieurs et ces Constructeurs, et si, dans le monde, nous avons pu jusqu'ici sortir victorieux quand il s'est agi d'élaborer des projets et d'exécuter des travaux, il pourrait bien ne plus en être de même dans l'avenir, surtout si nous ne prenons pas le soin de suivre et d'étudier ce que l'on fait en Allemagne.

ÉTAT ACTUEL

DE LA

PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINERAIS (1)

PAR

M. H. LENICQUE

La préparation mécanique des minerais a pour but la séparation, dans un minerai brut, des parties utiles, c'est-à-dire contenant les minerais métalliques, des parties inutilisables dans la métallurgie et parfois nuisibles aux opérations métallurgiques elles-mêmes.

La séparation mécanique du minerai de sa gangue est basée sur la différence de densité des corps constituant le minerai brut, et par suite est d'autant plus facile que la différence de ces densités est plus grande.

Il faudrait, théoriquement, réduire le minerai à un état de finesse extrême pour augmenter les chances d'obtenir des particules des différents corps, constituant le minerai, parfaitement dissociés physiquement; mais, quand on pulvérise un corps, quelque dense qu'il soit par lui-même, les poussières n'ont plus un poids propre suffisant pour amener leur chute assez rapide dans l'eau : elles flottent et sont entraînées; on est arrivé à dissocier pour ainsi dire les molécules les unes des autres par le broyage, mais on ne peut pas en tirer profit en faisant séparément la récolte de ces molécules en profitant de leur différence de densité.

Tel est le principe général de la préparation mécanique des minerais, traitement qui ne peut pas malheureusement s'appliquer à la séparation de tous les minerais :

1° Quand un minerai complexe est formé de sulfures de fer, cuivre, zinc et plomb, et non pas d'une agglomération de ces mêmes sulfures métallisés séparément, la préparation mécanique est impuissante à les séparer ;

2° Quand un minerai contient une gangue de densité égale au minerai qu'on se propose d'amener à une teneur marchande, il y a également impossibilité à en faire la séparation mécanique ;

(1) Voir planche n° 45.

3° Enfin, quand le mélange physique des divers corps est très intime, il faut broyer jusqu'à l'impalpable, et alors on arrive à obtenir une séparation utile; mais on fait des pertes considérables dans les boues ou schlamms qui sont entraînées par les eaux.

Presque tous les efforts des constructeurs actuels d'appareils pour la préparation mécanique tendent à diminuer les pertes que l'on éprouve fatalement dans le traitement des schlamms et j'aurai à en parler plus loin. Je dirai aussi ce qui a été fait pour traiter certains minerais dont la gangue a la même densité que le minerai utile, mais n'est pas influencée de la même façon par l'attraction magnétique.

Les opérations de la préparation mécanique se composent de trois classes bien distinctes : *le broyage*, *la classification* et *l'enrichissement du minerai.*

Je vais passer successivement en revue les améliorations qui ont été faites récemment dans les appareils employés pour ces trois opérations.

Je dois dire que, depuis la communication qui a été faite en 1865 par mon prédécesseur, M. Huet, à la Société des Ingénieurs Civils, et pour laquelle il lui a été décerné une médaille d'or par la Société, il n'y a pas eu dans l'industrie dont je vous parle en ce moment des perfectionnements qui l'ont véritablement révolutionnée : il y a eu surtout des perfectionnements de détails qui ont certainement une grande importance au point de vue des rendements et de l'agencement même des ateliers, mais il ne s'est pas produit de fait véritablement nouveau.

Je puis dire même que parmi les inventions qui ont été expérimentées depuis vingt-cinq ans, bien peu ont survécu.

Je ne parlerai que des inventions qui présentent un caractère pratique consacré par l'usage, et dans mes appréciations sur la valeur de chaque appareil, je serai aussi impartial que possible, car je ne veux pas qu'on puisse croire que ma communication a un autre but que le désir de faire connaître tout ce qui a été fait de nouveau dans l'industrie dont je m'occupe depuis vingt-cinq ans.

I. — **Broyage.**

Dans les appareils de broyage il a été fait peu de progrès. Les concasseurs sont toujours du type *Black*, à mâchoires : on a seulement perfectionné les détails de construction.

Pour le broyage proprement dit, on adopte généralement le type de *broyeurs à cylindres* munis de bagues d'aciers ou de métal durci ; il n'y a pas eu depuis longtemps de modification importante dans le type connu.

On a essayé d'appliquer des *broyeurs à force centrifuge*, mais ce genre de broyeurs n'a trouvé d'application utile que dans certains cas particuliers; la différence de friabilité entre la gangue et le minerai peut quelquefois servir à séparer ce dernier, réduit en poudre par le broyeur à force centrifuge, de la gangue qui est restée en grenailles plus ou moins petites ; on a pu alors faire la séparation par un simple blutage.

Ce qu'on reproche au point de vue de la préparation mécanique aux types à force centrifuge, c'est précisément la pulvérisation presque inévitable du minerai projeté par la force centrifuge, soit sur les parois de l'appareil comme dans le *Vapart*, soit sur des barreaux disposés en quinconce, comme dans le *Carr*, soit entre des marteaux comme dans le *Loiseau*; de plus, ces broyeurs sont sujets à une usure considérable.

Bref, les types à force centrifuge qui rendent de réels services dans beaucoup d'industries ne sont pas employés, en général, dans la préparation mécanique, à cause de la grande quantité de schlamms qu'ils produisent. C'est, du reste, la même raison qui fait proscrire l'emploi des *bocards* dans la préparation mécanique : on ne les utilise que dans le broyage des minerais aurifères, opération dans laquelle on cherche à obtenir une sorte de pulpe impalpable dans laquelle le mercure pourra venir s'emparer des particules d'or les plus fines qui se trouvent à l'état libre dans le minerai.

C'est, du reste, un vieil appareil dont je ne parle que pour expliquer les causes pour lesquelles on ne l'emploie pas en préparation mécanique.

On tend même à remplacer les bocards par les moulins à cylindres : les bocards attaquent les morceaux de 50 *mm* environ, sortant d'un concasseur et les réduisent à une grosseur inférieure à 1 *mm* pour faciliter l'amalgamation ; aujourd'hui, et c'est là ce que je considère comme un progrès, on tend à introduire dans le traitement des minerais d'or une méthode plus rationnelle qui a fait ses preuves dans la préparation mécanique des minerais métalliques, en faisant le broyage avec des cylindres.

Dans les usines que j'installe pour le traitement des minerais métalliques, je cherche surtout à ne pas produire inutilement

des particules impalpables, c'est-à-dire que j'évite de broyer le minerai au-dessous de la grosseur moyenne de ses grains, tels qu'ils se présentent dans le minerai brut; ainsi, si je vois dans le minerai brut qu'il y a une notable partie de morceaux riches ou de morceaux stériles de 16 à 30 *mm* bien visibles, je fais, après un premier broyage dégrossisseur, passer sur une table de triage les morceaux classés au-dessus de 16 *mm*, de façon à enlever les riches d'une part, les pauvres de l'autre, et à n'envoyer à un deuxième broyage que les parties mixtes contenant gangue et minerai mélangés plus intimement.

Telles sont les raisons pour lesquelles je fais passer les morceaux de 50 *mm*, provenant du concasseur, par une suite de deux et même trois broyeurs, à bagues d'acier interchangeables qui, par des transitions graduées, amènent le minerai à passer de la grosseur de 50 *mm* à la finesse de 1 ou 2 *mm*; il y a, dans ce cas, un broyeur des gros servant de dégrossisseur, un broyeur des moyens et un broyeur des fins; les bagues, au fur et à mesure qu'elles s'usent, passent du broyeur des fins au broyeur des moyens, puis au broyeur des gros.

Enfin j'aborde la troisième partie du broyage : *la pulvérisation*, opération qui est quelquefois nécessitée par la nature même du minerai qui se trouve à l'état d'imprégnation dans sa gangue.

On employait autrefois le moulin tordoir à meules verticales, on lui préfère aujourd'hui *le moulin à boulets*; je n'ai pas besoin de décrire longuement cet appareil dans lequel le broyage est produit par le roulement de boulets les uns sur les autres dans un tambour cylindrique tournant autour de son axe placé horizontalement; un tamis circulaire permet l'évacuation des matières arrivées au degré de pulvérisation désiré.

C'est un appareil coûteux, lourd et absorbant une grande force motrice, mais son fonctionnement est bon et son rendement satisfaisant.

Le moulin *Huttington* est aussi un bon pulvérisateur, travaillant dans l'eau; il se compose d'un cylindre vertical à parois très résistantes, dont la forme est légèrement conique intérieurement, le diamètre étant un peu moins grand à la partie supérieure; au centre de ce cylindre est un axe vertical muni de tiges articulées terminées par des troncs de cône pouvant tourner sur le bout de ces tiges formant les axes de ces troncs de cône.

Quand l'arbre vertical tourne, les tiges articulées s'écartent par l'effet de la force centrifuge agissant sur les cônes qui terminent

chaque tige, comme sur les boules du régulateur de Watt; les cônes articulés vont frotter sur les parois, avec d'autant plus de force que la tige centrale tournera plus vite; le broyage se fait entre les génératrices de la surface conique intérieure de l'enveloppe et les génératrices des cônes tournant autour de l'axe central qui les entraîne.

C'est un appareil ingénieux que l'on applique avantageusement pour la production de ce qu'on appelle la pulpe dans le traitement des minerais d'or qu'on veut amalgamer.

J'ai connu quelques tentatives faites pour son application dans la préparation mécanique ordinaire, mais sans succès, et cela se comprend, puisque, pour la séparation des minerais ordinaires, on cherche, avec raison, à éviter autant que possible la formation des schlamms, comme je l'ai déjà dit, et le moulin Huttington fait surtout de l'impalpable.

Débourbage. — Il est une opération qui précède ou accompagne le broyage : c'est le débourbage.

Quand le minerai, tel qu'il sort de la mine, est très argileux, on commence par le débourber pour pouvoir le trier à la main avant de le livrer au concasseur; quand il est peu argileux, on le casse, puis on le débourbe dans un trommel spécial, dit *trommel débourbeur*, afin de le livrer aux appareils suivants.

Il n'a pas été fait de perfectionnements sérieux dans les appareils de débourbage.

II. — **Classification.**

Pour obtenir la séparation des grenailles par ordre de densité, il faut que les grosseurs des grenailles soumises à des oscillations de bas en haut dans l'eau, soient suffisamment rapprochées comme diamètre pour que la vitesse de leur chute libre dans l'eau ne soit pas différente entre ces grenailles; ainsi, il est évident qu'un grain de quartz de 10 *mm* de diamètre tomberait plus vite dans l'eau qu'un grain de galène de 1 *mm* de diamètre; par suite, dans le classement par superposition, on verrait le gros gravier arriver au fond avant le grain de galène et la superposition des matières ne se ferait pas par ordre de densité.

On a fait des calculs très ingénieux pour établir mathématiquement la règle suivant laquelle on doit déterminer le diamètre des trous des tamis au moyen desquels on doit classifier les

grenailles par grosseurs comparables, au point de vue de la chute libre dans l'eau.

Dans la pratique, on ne tient compte que de la constitution physique du minerai ; on serrera la classification d'autant plus que les éléments constitutifs d'un minerai seront plus finement mélangés.

J'adopte, en général, pour les diamètres des perforations, 1, 2, 4, 8, 16 *mm* ; il m'arrive fréquemment de serrer davantage, mais je ne mets jamais plus d'écart dans l'échelle de la classification, vu qu'un écart tel que celui de 8 à 16 *mm* est déjà considérable et ne permet qu'un très petit enrichissement. Dans les opérations de classification, il faut distinguer *trois opérations distinctes : la classification des grenailles*, qui se fait au moyen de tamis tournants ou *trommels* ; puis celle des *sables plus petits que 1 mm*, qui se fait au moyen de caisses pointues que j'appelle *caisses de classification* et que les Allemands dénomment *Spitzkasten* ; enfin, la classification des particules, plus fines que 1/4 *mm*, qui échappent aux casses pointues et sont entraînées par le courant d'eau, se fait par simple dépôt dans de grands bassins : les parties métallifères se déposent, la boue argileuse seule est entraînée.

1° *Classification des grenailles.* — On a fait, dans les ateliers de lavage de charbon, des perfectionnements dans les appareils employés au tamisage : on n'emploie guère les trommels dans cette industrie ; on reproche à ces trommels de ne pas avoir un débit suffisant, aussi y emploie-t-on depuis longtemps des tamis à secousses, oscillant longitudinalement ou transversalement par rapport à leur pente ; mais malgré tous les systèmes destinés à équilibrer, ces tamis transmettent toujours leurs secousses aux bâtiments et en compromettent un peu la solidité. On a adopté, dans beaucoup de lavoirs à charbons, le crible Galland, à mouvement de sassage, et le crible Coxe, qui produit non seulement un mouvement de rotation de la matière dans le tamis, autour d'un axe vertical, mais encore des secousses verticales qui aident au criblage et augmentent le débit. Je ne parle de ces appareils que parce qu'on a essayé de les employer dans quelques laveries de minerais métalliques, à titre de perfectionnement, mais on n'a pas eu de satisfaction, à cause du broyage qui s'opère dans ces mouvements, quand on a du minerai friable, ce qui est le cas le plus fréquent.

Le trommel est donc l'appareil de classification qui a, pour le

moment, toutes les préférences des directeurs de mines métalliques. Je viens de faire et d'expérimenter un nouvel appareil qui, participant du trommel, permet d'économiser beaucoup de hauteur dans la disposition même des appareils de l'atelier et, par suite, peut éviter des terrassements coûteux, pour mettre les appareils de tête à la hauteur voulue pour que le cheminement des matières se fasse automatiquement, par la pente des appareils, d'un bout à l'autre de l'atelier.

Souvent même, on est obligé de remonter les matières à telle ou telle phase des opérations, parce que la disposition en cascade exigerait une hauteur d'atelier que la nature du sol ne comporte pas.

L'appareil que je viens de créer permet de faire, simultanément, trois et même quatre tamisages à la fois, en ne prenant qu'une hauteur d'environ 1 *m*.

Le principe de l'appareil est bien simple.

Dans un trommel tournant, la matière, adhérant par son poids à la tôle perforée, suit d'abord le mouvement du trommel ; puis, arrivée à une certaine hauteur, elle retombe en glissant vers le bas du trommel, et c'est là le seul moment où la matière filtre à travers les trous de la tôle perforée. Il en résulte que, sur un trommel de 1,50 *m* de diamètre, par exemple, soit un développement de 4,50 *m* de circonférence, on peut compter qu'on n'utilise à la fois que 50 à 60 *cm* de la circonférence pour la filtration.

J'ai cherché une meilleure utilisation de la surface perforée, et j'ai fait *un crible berceur*, à mouvement de berceau, formé par un élément de trommel cylindrique, à axe incliné, auquel je donne un mouvement alternatif, à droite et à gauche, autour d'un axe horizontal de suspension.

C'est, en somme, comme je viens de le dire, un élément de trommel, mais je l'appelle crible berceur, vu que le nom de trommel serait impropre, puisque le mot trommel veut dire tambour.

Je n'ai pas besoin de décrire minutieusement cet appareil qui est d'une simplicité extrême : je donne aux tôles perforées un développement de 1 *m*, et, par suite, j'obtiens, à droite et à gauche, sur 50 *cm* de chaque côté, le même effet de filtration que dans un trommel de 1,50 *m* de diamètre. Ce qui constitue le principal avantage de la disposition que j'ai adoptée, c'est la possibilité de superposer trois et même quatre tamis, tout en ayant la facilité d'opérer le remplacement rapide des tôles usées.

En effet, l'appareil porte intérieurement, sur ses deux faces latérales, des cornières formant des rainures dans lesquelles on glisse les cadres où sont fixées les tôles perforées; dès qu'une tôle est usée, on la retire en enlevant les deux boulons qui fixent son cadre au bas des rainures, et on y remet immédiatement un autre cadre, préparé à l'avance, avec sa garniture en tôle perforée.

Il s'est présenté, dans mes essais, une difficulté que je suis parvenu à surmonter ; je commandai d'abord l'oscillation en agissant directement sur le bouton d'oscillation du crible berceur, au moyen d'une bielle articulée sur un plateau-manivelle à bouton réglable; mais, tout en ayant, autant que possible, établi l'isochronisme entre la durée d'une oscillation double du crible et celle de la rotation du plateau-manivelle, il n'y avait pas synchronisme absolu à tous les instants de ces deux mouvements, d'où il résultait des chocs très durs qui auraient compromis la solidité de la charpente ou des murs de l'atelier.

J'ai alors adopté une commande par une came double, recevant son mouvement horizontal de va et vient par la bielle articulée, comme je viens de le dire ; c'est cette double came qui vient imprimer à nouveau, à chaque oscillation du crible berceur, que je considère comme le pendule d'une horloge, un mouvement de relèvement, au moment du passage de ce pendule à la position verticale.

C'est donc une impulsion par glissement, et non pas un mouvement par connexion rigide, que je donne au moyen de la came double.

Il n'y a plus maintenant, de secousses, et le mouvement se fait régulièrement, sans donner de trépidations à la charpente.

Les figures 5, 6 et 8 représentent la coupe longitudinale, le plan et la vue par bout du crible berceur, et la figure 7 donne le détail de la commande par came double, le tout conforme aux dessins de mon brevet.

2° *Classification des sables compris entre 1 mm et 1/4 mm.* — Cette classification se fait en utilisant la réaction, de bas en haut, d'une arrivée d'eau dans des caisses pointues; en réglant convenablement l'intensité du courant d'eau ascensionnel dans ces appareils hydroclasseurs, on arrive à une véritable classification, donnant facilement trois catégories de sables, de grosseurs différentes, entre 1 *mm* et 1/4 *mm*.

On a plus ou moins perfectionné la construction ou même la disposition de ces hydro-classeurs, mais le principe n'a pas varié depuis longtemps.

3° *Classification des schlamms.* — Je n'en parlerai pas au point de vue du perfectionnement : on emploie tantôt des canaux disposés en labyrinthe, tantôt de grands bassins où l'eau s'écoule très lentement, sur une large surface ; il n'y a rien de nouveau sous ce rapport.

Je m'arrête seulement sur le point suivant : c'est qu'il faut bien s'entendre sur la signification du mot *Schlamms* ; c'est ce que l'on regarde comme trop fin pour être enrichi sur des cribles à pistons, à grilles filtrantes ; or, sur des cribles en bois, grossièrement construits, comme on en rencontre encore beaucoup, il est impossible de bien concentrer des sables plus fins que le millimètre ; par suite, dans les laveries contenant de pareils cribles, on considère comme schlamms des sables plus fins que 1 *mm* ; avec les cribles à grilles filtrantes, en fonte, système Huet et Geyler, on arrive à concentrer facilement les matières fines jusqu'à 1/4 *mm* ; les appareils que j'emploie pour concentrer les schlamms sont donc exclusivement destinés à traiter ces matières et non pas les sables qui sont traités aux cribles filtrants, avec une plus faible pente et en plus grande quantité que sur les appareils à schlamms.

III. — **Enrichissement ou concentration des minerais.**

Nous arrivons à la phase la plus intéressante du traitement des minerais : c'est la concentration du minerai métallique lui-même, et, par suite, son enrichissement en métal.

Il faut distinguer l'enrichissement des morceaux de 16 à 30 *mm*, de celui des grenailles et des sables et de celui des schlamms.

Pour les morceaux de 16 à 30 *mm*, facilement triables à la main, on les fait passer sur une table de triage, sur laquelle des femmes ou des enfants trient rapidement le minerai, les uns enlevant les morceaux riches, c'est-à-dire ceux qui ont une teneur marchande, les autres enlevant les morceaux stériles ; les morceaux mixtes, seuls, sont envoyés aux broyeurs pour être écrasés plus finement.

On a employé longtemps des tables rondes en bois, tournant

autour d'un pied vertical; j'ai, depuis vingt ans, adopté une table formée d'une surface continue se mouvant comme une courroie sans fin, ce qui permet de mettre, de chaque côté, cinq ou six trieurs, soit dix à douze en tout; cette table fonctionne comme un transporteur.

J'avais, dès le commencement, formé la surface de ma table avec des planchettes en bois engagées, à leurs deux extrémités, dans les maillons de deux chaînes d'entraînement, et je garnissais ces planchettes avec des lames de tôle qui se recouvraient l'une l'autre, dans le sens du mouvement; aujourd'hui, j'ai adopté le type de la courroie en caoutchouc, avec tendeurs à contrepoids.

Pour les gros morceaux de 8 à 16 *mm*, il y a des cas particuliers où l'on peut employer un crible à piston dégrossisseur à déversoir, qui donne un peu de minerai riche et élimine un peu de gangue stérile; mais, dans la plupart des cas, cette classe 8-16 *mm* doit être livrée au broyeur des fins, car il est rare que le crible à déversoir donne des résultats pratiques, comme rendement.

Pour les grenailles de 8 *mm* à 1/4 *mm*, il n'y a qu'un seul appareil employé par toutes les Sociétés minières, c'est le crible à piston à grilles filtrantes, et, depuis le type du crible Huet et Geyler, il n'a été fait aucun perfectionnement sensible dans ce genre d'outil.

Quoique le principe du crible à grilles filtrantes soit connu, je me permets de le rappeler en quelques mots :

Les matières, étant classées par grosseurs comparables, arrivent sur le tamis d'un crible à piston, où elles se classent par ordre de densité, sous l'influence des mouvements alternatifs, de bas en haut, produits par un piston plongeant dans l'eau du crible.

Le tamis est perforé à un diamètre un peu supérieur à celui des grenailles mêmes, livrées au crible; ces matières peuvent donc passer à travers les trous du tamis et tomber dans le fond de la cuve du crible à piston; mais on dispose, sur le tamis, une couche de matières d'une densité au moins égale à celle du minerai qu'on veut recueillir; les grenailles étant d'un diamètre supérieur à la perforation du tamis, forment un lit filtrant entre le tamis et le minerai brut qui arrive d'une façon continue dans le crible; ce lit, ne permettant pas le contact immédiat du minerai et du tamis, retarde la filtration du minerai à travers le

tamis, et permet la superposition, par ordre de densités, des matières composant le minerai brut ; les matières les plus lourdes arrivent au contact du lit filtrant, de même densité qu'elles, elles y pénètrent, et, passant à travers les trous du tamis, elles tombent dans la cuve du crible.

Quant aux matières plus légères, chassées en avant, par l'arrivée de nouvelles quantités de minerai brut, elles se rendent dans le compartiment suivant du crible où elles subissent un autre classement, de telle sorte que, avec plusieurs compartiments successifs de cribles à piston, on peut obtenir la séparation pratique d'un minerai brut contenant différents minerais métalliques.

Comme les opérations dont je viens de parler se font sous l'action de l'eau, on conçoit qu'elles nécessitent l'emploi d'une assez grande quantité d'eau et, souvent, la mine se trouve dans des pays où l'on doit être économe de ce liquide. Or, l'évacuation des matières, accumulées dans les cuves des cribles, se fait par une ouverture inférieure fermée soit par un tampon conique commandé par une tige verticale, soit par une soupape sphérique appuyée sur son siège par un levier à contrepoids; au moment de l'évacuation, la matière chassée par l'eau sort avec une grande force dans le bassin de réception, spécial pour chaque compartiment du crible, et, par ce fait même, il y a un entraînement d'eau considérable; c'est là une des causes de dépenses d'eau dans le fonctionnement du crible.

On remédie, en partie, à cela en relevant avec une pompe les eaux qui ont déjà servi, après les avoir laissées se clarifier dans les bassins de dépôt. Mais, dans les cas de faible venue d'eau, ce palliatif n'est pas suffisant. C'est pour cela que j'ai fait un type de crible, dans lequel tous les organes actuels sont conservés; mais j'ajoute à chaque compartiment une vis d'Archimède qui relève d'une façon constante, en dehors du crible lui-même au-dessus du niveau de l'eau dans l'appareil, tout le minerai qui passe dans la cuve inférieure. J'évite ainsi les chasses d'eau d'évacuation par le bas, et, de plus, j'évite les inconvénients du manque de surveillance dans le fonctionnement de cette évacuation : car il suffit qu'on laisse trop longtemps les matières s'accumuler dans la cuve inférieure pour que le piston vienne frapper sur cette masse compacte, ce qui cause la rupture de la tige du piston.

Par l'examen de la figure 9 de la planche 45, il est facile de

se rendre compte de la disposition du crible à évacuation constante des matières filtrées.

On a proposé d'opérer le classement des matières fines par ordre de densité au moyen de l'air, mais les essais n'ont pas encore donné de satisfaction.

Un premier point à considérer, c'est que, dans l'air, chaque corps conserve le rapport réel de ses densités, tandis que, dans l'eau, ce rapport est modifié favorablement, puisque dans l'air, entre deux corps de densité 7 et 3, il y a un rapport de 7/3, tandis que dans l'eau il y a un rapport de 6/2, et plus ce rapport augmente, plus la séparation par densité est facile.

On a essayé la séparation des matières par la différence des points de chute, en lançant ces matières horizontalement au moyen d'un jet d'air comprimé; les résultats ne paraissent pas engageants. On a essayé aussi le classement par l'air, en employant le principe des hydro-classeurs : on fait arriver les grenailles fines au-dessus de compartiments cylindriques dans lesquels on produit un courant d'air ascensionnel au moyen d'un ventilateur aspirant; en réglant l'arrivée de l'air au bas des compartiments, l'inventeur espère arriver à ne laisser tomber que des parties lourdes du minerai, relevant les parties plus légères pour les porter audessus du compartiment suivant, où se fera une séparation analogue.

Je répète ce que j'ai dit plus haut, la séparation doit forcément se faire moins bien, sous l'action d'un courant d'air ascendant que sous celle d'un courant d'eau ascendant, vu la différence de proportion entre les densités dans ces deux cas.

Quoi qu'il en soit, l'étude de la séparation des minerais par l'air est très intéressante, même si elle ne donnait que des résultats imparfaits, car il existe des gisements de minerais riches dans des endroits presque inaccessibles et dépourvus d'eau, où il serait très profitable de faire une concentration, même incomplète, par l'air, la force motrice étant apportée par l'électricité.

J'arrive maintenant à la concentration des schlamms.

On comprend, *a priori*, la difficulté que présente la séparation, par densité, de matières qui ont si peu de poids qu'elles ont échappé aux caisses pointues, entraînées par les eaux de lavage.

On a employé longtemps le système consistant dans une sorte de ratissage plus ou moins léger de la masse de schlamms, soit en long sur des couloirs en plan incliné, soit en cercle sur des round-buddles (surfaces coniques fixes en ciment), les matières

légères sont soulevées doucement par cette espèce de ratissage, se mettent en suspension dans l'eau et sont entraînées, tandis que les matières plus lourdes restent sur le fond du couloir ou sur la surface conique du round-buddle ; mais, d'une part, on perd 30 à 40 0/0 de bon minerai entrainé ; d'autre part, le minerai qu'on recueille contient encore beaucoup de gangue.

On a considéré, avec raison, comme un grand progrès la table à secousses inventée par Rittinger : le principe de cette table consiste dans l'utilisation de la force d'impulsion qui est donnée latéralement à toutes les particules composant le minerai délayé dans une assez grande quantité d'eau, et lancé horizontalement sur le haut d'une table inclinée ; il est évident qu'un grain doit décrire une parabole d'autant plus accentuée qu'il obéira davantage à l'impulsion horizontale, à cause de son propre poids ; pour augmenter l'action de la composante horizontale du mouvement; la table reçoit des secousses latérales ou plutôt des chocs qui viennènt favoriser le déplacement horizontal des particules, proportionnellement à la puissance vive que lui donne le choc; mais le rendement de cet appareil était excessivement faible.

On voit que les procédés employés autrefois et qu'on emploie encore dans certains endroits où les progrès actuels n'ont pas pénétré, sont basés sur deux principes différents :

a) Dans les couloirs inclinés et dans les round-buddles, les surfaces sur lesquelles glissent les matières à séparer par ordre de densité, sont immobiles, les matières descendent par leur propre poids, entraînées plus ou moins vite par un faible courant d'eau d'après leur plus ou moins grande légèreté, en suivant les lignes parallèles de plus grande pente des plans inclinés, ou s'épanouissant sur les génératrices divergentes des round-buddles coniques; on cherche dans ces deux systèmes de traitement à éviter tout mouvement brusque qui pourrait remettre en suspension dans l'eau de lavage les particules métalliques fines, tout en affouillant un peu la masse pour faciliter l'entraînement des parties stériles plus légères. La forme conique des round-buddles présente un avantage sur les plans inclinés, car l'épanouissement des veines liquides, qui descendent sur la surface conique, favorise le dépôt des matières, après leur séparation par le premier effet de l'arrosage qu'on leur a fait subir dans le haut de la table.

b) Dans la table de Rittinger, on part d'un principe différent : cette table reçoit des secousses transversales destinées à déta-

cher toutes les particules du minerai de la surface même de la table et l'on fait la séparation en n'utilisant plus seulement la pesanteur, comme dans les appareils décrits précédemment, mais en y ajoutant la force d'inertie comme nouvel élément de séparation.

Je viens de décrire tous ces appareils démodés, parce que je vais vous montrer que tous les appareils nouveaux sont basés sur l'un ou l'autre de ces deux principes et qu'ils ne sont tous que des perfectionnements des couloirs inclinés ou des round-buddles ou de la table de Rittinger.

Dans la catégorie des appareils évitant tout mouvement brusque aux particules de minerai, je dois placer en première ligne la table de *Linkenbach*.

Cet appareil est un véritable round-buddle perfectionné : sa table conique, dont le diamètre varie de 7 à 9 *m*, est en ciment; sur le haut du cône un distributeur, qui tourne autour de l'axe vertical de la table fixe, amène les schlamms, délayés dans une proportion d'eau convenable ; cette matière descend lentement, en s'épanouissant sur la table, et elle reçoit un arrosage progressif qui entraîne de plus en plus vite les particules légères au fur et à mesure qu'elles descendent ; cet arrosage est produit par une série de tuyaux qui sont entraînés circulairement au-dessus de la table par le même cadre métallique qui porte le distributeur tournant.

Ce cadre supporte en même temps trois gouttières circulaires placées autour de la table et sous ses bords ; elles reçoivent chacune en tournant trois sortes de matières différentes obtenues par le classement.

J'ai utilisé pendant longtemps, dans mes installations, cet appareil qui donne d'excellents résultats ; mais, voulant remédier aux inconvénients qu'il présente encore, j'ai fait *ma table tournante* qui donne de très bons résultats, et l'adoption de mon type de table tournante par les constructeurs allemands, est certainement une consécration du succès de mon appareil.

La table elle-même est formée par une carcasse légère en fer, comme la carcasse d'un abat-jour conique à génératrices peu inclinées ; la surface conique est constituée par une tôle mince supportée par des planches de bois attachées sur les cornières ; le tout est recouvert d'une lame de caoutchouc.

Le mouvement de rotation est donné à l'axe vertical par une roue héliçoïdale, actionnée par une vis sans fin.

Le mouvement est très lent (un tour en 3 minutes) et très doux ; un verre d'eau placé sur la table ne doit pas accuser de trépidations sensibles ; de même que dans la table de Linkenbach, le minerai se comportera comme si la table sur laquelle il vient se déposer était immobile. Le distributeur est fixe, les tuyaux arroseurs peuvent glissser sur des tiges horizontales, dirigées suivant les rayons de la circonférence de la table, ce qui permet de les placer là où les besoins s'en font sentir suivant l'allure que prend la séparation des matières composant le minerai brut.

La coulotte circulaire de réception est fixe, et, par suite, elle est unique; on la divise en autant de sections différentes qu'on obtient de matières différentes dans la séparation ; pour cela, on y adapte des cloisons mobiles en bois qu'on fixe aux endroits convenables par une simple pression dans la gouttière même; cette gouttière est munie de huit tubulures inférieures rondes, qu'on bouche avec des tampons de bois ou qu'on débouche selon les besoins, pour l'évacuation des matières vers les réservoirs qui leur sont destinés.

Bref, l'appareil fonctionne absolument selon le principe de la table de Likenbach, avec les avantages suivants :

1° Si on veut changer l'emplacement de la table, on peut l'enlever facilement : on n'a qu'à refaire le petit massif de maçonnerie qui supporte la plaque de fondation, tandis que la table de Linkenbach est inamovible, puisqu'elle est tout entière en ciment ;

2° La surface en caoutchouc est plus propice que le ciment à l'adhérence du minerai et, par suite, favorise le dépôt des parties métallifères ;

3° A cause de cette propriété, maintenant bien connue, du caoutchouc, j'ai pu réduire la dimension de ma table au diamètre de 5 *m* ;

4° Ma table est indépendante de la charpente de l'atelier, ce qui est important, car une petite dénivellation dans la charpente qui supporte le cadre tournant de la table de Linkenbach, entraîne une déviation plus ou moins considérable dans tous les appareils de distribution, d'arrosage et de récolte du minerai ;

5° J'ai multiplié les tuyaux arroseurs et peux les placer dans toutes les positions possibles ;

6° J'ai pu fractionner en cinq catégories les matières séparées méthodiquement.

On comprend que le réglage de cet appareil demande des soins : mais une fois réglé, il n'y a plus à s'en occuper :

a) Il faut d'abord régler la quantité de schlamms à amener sur la table ;

b) La quantité d'eau de délayage ;

c) Il faut éviter l'arrivée de grains plus gros que **1** *mm*, qui, en roulant sur la table, apporteraient une perturbation dans le dépôt des matières fines.

Pour arriver à ces résultats, j'ai annexé à ma table tournante un délayeur livreur, cemposé d'un patouillet formé par une auge en bois où la matière est délayée avec de l'eau en quantité convenable, de façon à faire une pâte semi-liquide ; le délayage est complété dans un petit trommel débourbeur muni d'une tôle perforée fine, qui élimine les parties non délayées.

Les matières amenées sur la table à l'état de pâte claire sont soumises successivement, par l'entraînement circulaire de la table, à l'action de divers tuyaux d'arrosage et l'on voit la séparation se faire suivant des courbes qui aboutissent au bas de la table ; là, on dispose de petits tuyaux balayeurs qui, au moyen de jets d'eau obliques, font tomber les matières séparées dans la coulotte de réception où l'on place une cloison immédiatement après le tuyau balayeur.

Enfin, quand la table a terminé sa rotation complète, elle passe sous un grand tuyau balayeur qui la nettoie du haut en bas, en envoyant dans la coulotte de réception le minerai le plus lourd qui est resté sous la table.

Alors la table reçoit à nouveau du minerai brut, de sorte que l'opération est continue.

Avec une pareille table, j'ai pu traiter avec succès un minerai composé des matières suivantes : oxyde de fer impalpable, calcaire dolomitique, calamine, blende, pyrite et galène.

Je peux traiter, en dix heures, de 8 à 10 *t* de schlamms, sur une de ces tables tournantes, avec une perte qui varie de 10 à 20 0/0 du métal contenu dans les schlamms bruts, selon la nature même du minerai.

Un autre appareil, basé sur le même principe, est la table de M. Castelnau : son fonctionnement est le même, et le principe de la distribution, de l'arrosage et de la récolte des matières est identique. Mais cette table est plane : elle est essentiellement composée par une grande courroie en caoutchouc, formant un plan incliné sur lequel les matières sont entraînées horizontale-

ment par le mouvement de la table, tandis que des tuyaux arroseurs produisent un délayage méthodique qui facilite la descente des matières plus légères le long des génératrices parallèles du plan incliné.

L'inclinaison de la table peut varier suivant les besoins.

Je vais maintenant vous décrire toute la série des appareils basés sur l'emploi des secousses latérales.

Le premier en date, après la table de Rittinger, est le *Frue Vanner*, de MM. Fraser et Chalmers, de Chicago.

C'est une large courroie en caoutchouc, formant un plan incliné : le minerai étalé au bas de ce plan, est entraîné vers le haut par la courroie ; dans ce mouvement, il est soumis à l'action délayante de tuyaux arroseurs placés transversalement : les parties légères sont entraînées vers le bas, les parties lourdes remontent jusqu'en haut, et là, elles se déversent dans des gouttières de réception.

Pour faciliter le délayage, le Frue vanner reçoit des secousses latérales qui n'ont pas pour but, comme dans la table de Rittinger, un classement de matières, mais simplement un déplacement des particules.

Le Frue vanner, qui a constitué, il y a vingt ans, un grand progrès par rapport aux vieux appareils pour schlamms, est aujourd'hui dans un grand état d'infériorité. La première constatation à faire est l'impossibilité de séparer plus d'une sorte de matière : puis, on conçoit qu'avec ces secousses transversales et l'arrosage, il se produise un énorme entraînement des matières impalpables ; pour remédier à ces imperfections, on dispose parfois plusieurs de ces tables en cascades remontantes, chacune devant séparer une matière particulière ; mais les pertes sont très considérables.

Les Américains négligent les pertes et n'envisagent que la quantité de tonnes traitées : en Europe, nous tâchons de réduire les pertes du traitement mécanique, aux dépens de la quantité traitée : la vérité est tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, selon la nature du gisement, mais plus souvent de notre côté.

La *table de Stein*, qui a été lancée par la maison Lurhig, a eu, à un certain moment, une grande vogue.

Elle ressemble, comme aspect général, à la table Castelnau : c'est une courroie en caoutchouc, formant plan incliné avec entraînement horizontal ; des secousses horizontales aident au classement par force d'inertie, sous l'action des tuyaux arroseurs.

Cet appareil fonctionne bien, mais il occasionne des pertes énormes.

Il y a une mine, en France, qui a installé toute sa laverie avec des tables de Stein : on peut y voir les milliers de tonnes de rejets de ces tables constituant une véritable mine métallique à la teneur de 5 0/0 de métal que l'on n'a pas encore trouvé le moyen de récolter par les procédés mécaniques actuellement connus.

Depuis trois ans on parle beaucoup de deux tables nouvelles, préconisées chacune par une maison allemande : la table *Wilfley* et la table *Ferraris*.

Toutes deux sont des variantes de la table de Rittinger : elles sont constituées par des plans inclinés rigides, recouverts de caoutchouc ou de linoléum ; les matières arrivent sur la table, lancées horizontalement par le courant d'eau qui mène les schlamms, et, sauf l'addition de tuyaux arroseurs, le fonctionnement est absolument celui de la table Rittinger.

Il peut y avoir là un perfectionnement de détail, mais il n'y a rien de nouveau dans la conception de ces deux tables, dont les constructeurs disent beaucoup de bien.

Enfin, je dois vous parler d'une nouvelle invention qui n'a pas la prétention de supplanter aucun appareil ancien, mais qui s'offre comme le complément du traitement des schlamms, en recueillant les matières impalpables qui échappent aux appareils les plus perfectionnés : c'est le procédé *Elmore*. Ce procédé est basé sur l'adhérence de l'huile sur certains corps.

Étant donnée une eau qui tient en suspension des particules d'or infiniment ténues, si l'on mélange à cette eau une huile grasse, comme de l'huile lourde de pétrole, ces particules métalliques seront pour ainsi dire happées par les globules d'huile et entraînées par ces globules quand ils remonteront à la surface supérieure de l'eau, par suite de la légèreté spécifique de l'huile.

Partant de ce principe, M. Elmore fait barbotter de l'huile dans les eaux sortant des appareils d'amalmagation : après cela, il fait passer le tout dans un bassin de dépôt, où l'huile vient former une couche qui contient l'or impalpable qui avait échappé à l'amalgamation ; on enlève cette couche d'huile par décantation, puis on la fait passer dans une essoreuse, qui extrait l'huile pour la faire servir à une nouvelle opération, tandis qu'on recueille sur la toile de l'essoreuse les particules métalliques qu'on passe au feu et qu'on amalgame ensuite.

Malheureusement, si le principe Elmore a réussi, *comme on le dit*,

avec l'or flottant ou or impalpable qu'on perdait jusqu'alors par entraînement, les essais faits pour l'appliquer à d'autres métaux n'ont pas encore donné de résultats, et je crains que les espérances conçues pour la récupération des parties métalliques dans les schlamms impalpables, ne soient pas réalisées par ce procédé.

Décrépitation. — Traitement électro-magnétique.

On a quelquefois affaire à un minerai contenant des éléments qu'on ne peut pas séparer par un moyen purement mécanique; on a alors recours, dans certains cas, soit à la décrépitation, soit au traitement magnétique : mais il est impossible de généraliser ces procédés qui, l'un et l'autre, ne sont applicables qu'à des corps spéciaux.

Ainsi, la *décrépitation* n'est guère applicable qu'à l'extraction de la baryte qu'on ne peut pas séparer de certains sulfures métalliques, à cause de sa densité extrêmement voisine de celle de ces sulfures.

On soumet le mélange de minerai et de barytine, préalablement broyé à une température peu élevée dans un four à réverbère : il se produit un bruit assez intense de décrépitation; on voit une poussière fine s'élever au-dessus de la masse de minerai et retomber ensuite; on active le phénomène en remuant la matière. Quand l'opération est terminée, on tamise sur une toile fine (n° 100 ou 120); la barytine filtre à travers la toile et le minerai métallique est concentré par ce simple blutage.

Je le répète, ce procédé n'est applicable que dans très peu de cas.

Quant à la *séparation magnétique*, elle est véritablement à son début. Depuis des temps fort reculés on a appliqué le principe de l'attraction magnétique à la séparation de la limaille de fer contenue dans les balayures d'ateliers où l'on travaille le cuivre; mais ce n'est que récemment, depuis la généralisation de l'emploi de l'électricité dans l'industrie, qu'on commence à employer l'électro-magnétisme pour séparer certains corps dont les densités, sont à peu près semblables, mais dont les propriétés magnétiques sont différentes; là où l'attraction de la terre n'agissait pas pour faire cette séparation, on a tenté de la remplacer par l'attraction magnétique.

On a fait beaucoup de bruit autour de ce procédé : il devait remplacer toute préparation mécanique ordinaire; on a même

été jusqu'à dire que tous les corps étaient plus ou moins attirables à l'aimant et que c'était une pure question de force électrique à faire passer dans l'électro-aimant.

Enfin l'électricité devait, à bref délai, remplacer la pesanteur dans la séparation mécanique des éléments constituant les minerais bruts.

Il faut en rabattre beaucoup de ces illusions ; je commence par déclarer que la séparation magnétique donne d'excellents résultats dans des cas particuliers, mais il ne faut pas généraliser l'emploi de cette force.

J'ai constaté de très bons rendements dans la séparation magnétique de la blende et de la pyrite de fer, après grillage. La pyrite est transformée, en grande partie, en oxyde magnétique de fer; elle arrive, avec la blende grillée, sur un tambour d'entraînement en cuivre ou sur une courroie mince qui passe sur un aimant puissant; l'oxyde de fer est attiré à travers le cuivre du tambour par l'aimant, ou à travers la courroie, tandis que l'oxyde de zinc, échappant à cette attraction, tombe dans un compartiment de réception ; l'oxyde de fer est entraîné jusqu'à ce que l'action de l'aimant, venant à cesser dans l'entraînement de la matière, l'oxyde de fer tombe, à son tour, dans un deuxième compartiment.

C'est là la première application de l'électro-magnétisme à la séparation des minerais : mais on ne peut y avoir recours que si on a la force électrique à très bon marché, car il faut que la valeur du minerai à concentrer puisse compenser les frais du traitement magnétique.

Depuis quelques années, il y a eu un grand perfectionnement dans la méthode de séparation magnétique, par l'emploi du système Wetherill.

Je ne puis pas décrire le procédé en entier, je dois me borner à dire qu'il repose sur l'utilisation de la plus ou moins grande influence que peut avoir un aimant puissant sur les diverses parties d'un minerai; on peut ainsi obtenir non seulement des attractions, mais même des répulsions magnétiques qui forment une sorte de classement des matières subissant ces influences. On met à profit ce phénomène pour recueillir dans des compartiments différents les matières diverses ainsi séparées.

Parmi les corps subissant l'influence magnétique, on distingue deux catégories : les corps *paramagnétiques* qui sont attirés et les corps *diamagnétiques* qui sont repoussés par l'aimant.

Dans chaque catégorie on peut établir une échelle de sensibilité; ainsi, l'acier trempé ayant une sensibilité magnétique égale à 100000, celle du minerai de fer magnétique est de 65000, celle de l'hématite tombe à 714, celle de l'oxyde magnétique de manganèse à 167. Tous les autres minerais paramagnétiques ont une sensibilité moindre.

On voit immédiatement combien est limité l'emploi de cette force dans le traitement des minerais. Je vais en donner deux exemples :

En grillant un mélange de pyrite de fer et de blende (ou sulfure de zinc), on obtient un oxyde de fer très voisin de l'oxyde magnétique, et la séparation magnétique donne de bons résultats.

En calcinant un mélange de carbonate de fer et de calamine (ou carbonate de zinc), le procédé magnétique n'a jamais donné de bons résultats, à ma connaissance. Je puis montrer des documents officiels, émanant des constructeurs eux-mêmes, déclarant leur impuissance à faire une séparation utile des deux éléments constituant ce dernier mélange; le minerai primitif contenant 18 0/0 de zinc ne peut pas dépasser une teneur de 24 à 26 0/0 de zinc après traitement magnétique, c'est-à-dire qu'il n'arrive pas à une teneur marchande.

Je dois, par contre, citer un cas où la séparation magnétique donne des résultats précieux: la préparation mécanique isole bien la cassitérite, ou oxyde d'étain, de sa gangue, mais quand la cassitérite est mélangée au wolfram, on ne peut pas séparer mécaniquement ces deux derniers corps; c'est alors que la force magnétique intervient utilement : le tungstène étant un corps diamagnétique, le wolfram éprouve une légère répulsion de la part d'un aimant puissant, et cette action produit une déviation qu'on met à profit pour isoler le wolfram.

On fait passer, au moyen d'une courroie d'entraînement, le mélange, finement pulvérisé, sur la tranche d'un aimant taillé en biseau, et au moment de la chute du mélange, la répulsion magnétique fait dévier le wolfram d'un côté d'une cloison dont la position a été bien réglée, tandis que la cassitérite tombe de l'autre côté.

Après cette opération faite sur le minerai cru, on doit quelquefois débarrasser la cassitérite de la pyrite de fer qui l'accompagne dans certains gisements; on procède alors à un grillage qui transforme cette pyrite en oxyde de fer magnétique et la séparation se fait facilement.

La séparation du wolfram et de la cassitérite exige un courant de 50 volts, la séparation de la cassitérite et de l'oxyde de fer ne demande que 3 volts. On paye l'opération entière 50 *f* par tonne traitée.

Il n'y a pas beaucoup de minerai dont la valeur permette une pareille dépense.

En résumé, l'emploi de l'électro-magnétisme dans la séparation des corps, constituant certains minerais, est un progrès certain; mais aujourd'hui son application est très limitée et, en général, coûteuse; en tout cas, elle n'est qu'un complément de la préparation mécanique proprement dite.

Quand les procédés que je viens de décrire ne peuvent pas séparer les éléments constitutifs d'un minerai, c'est aux *agents chimiques* à intervenir, si les prix de revient le permettent.

Tels sont, Messieurs, les progrès réalisés depuis une vingtaine d'années, dans la préparation mécanique; je vous demande la permission de vous signaler encore un fait qui n'est pas une nouveauté au point de vue de la préparation mécanique même, mais une application nouvelle de cette préparation.

Je veux parler de l'application des procédés ordinaires de la préparation mécanique des minerais, aux minerais d'or.

Traitement mécanique des minerais aurifères.

Depuis les temps les plus reculés, l'or a toujours été recueilli à l'état libre, soit par l'amalgamation simple, soit par l'utilisation de sa grande densité, qui en facilite le dépôt tantôt dans des couloirs, tantôt dans des battées formées par des cuvettes creuses coniques ou paraboliques, soit même par l'emploi des deux systèmes combinés ensemble.

Il est à remarquer que, souvent, il y a une telle spécialisation dans la conduite de chaque branche d'industrie que le directeur de l'une ne songe pas à utiliser, même dans une certaine mesure, quelques-uns des procédés employés dans l'industrie voisine.

Quand je vis, en Transylvanie, il y a environ dix-huit ans, combien on perdait d'or par l'entraînement des pyrites aurifères contenues dans le minerai, pyrites atteignant une teneur de 25 à 35 *g* d'or par tonne, je manifestai au directeur de la mine mon étonnement au sujet de la perte énorme qu'il faisait. Je lui fis voir que la rivière emportait jusqu'à 10 *km* les poussières fines

de pyrites provenant du bocardage des quartz aurifères qui avaient échappé aux frue vanners.

Je lui soumis alors mon idée de faire d'abord une séparation mécanique des pyrites, en procédant comme on le fait pour les autres minerais; cela n'empêcherait pas de broyer ensuite le quartz sortant des cribles à piston et de l'amalgamer pour en retirer l'or libre, tandis que les pyrites seraient livrées à un traitement chimique ou métallurgique approprié. Il m'est impossible de rendre l'expression méprisante de l'Ingénieur directeur Allemand me répondant qu'on ne traite pas un minerai d'or comme un minerai de plomb et que cela ne s'était jamais fait.

Dix ans plus tard, en repassant dans le pays, je vis qu'on avait remplacé les frue vanners par des tables tournantes identiques à la mienne : on avait compris qu'il fallait recueillir le plus de schlamms pyriteux possible : mais on n'était pas encore arrivé à l'idée d'éviter autant que possible la production de ces schlamms.

Je dois dire, du reste, que dans les minerais aurifères de Transylvanie, la teneur actuelle en pyrite n'atteint guère au delà de 6 à 8 0/0 du minerai brut, ce qui diminue l'importance de la perte par rapport au tonnage du minerai brut traité.

Mais, dans certains gisements, j'ai constaté la présence de 2 à 3 *g* seulement d'or libre par tonne, dans un minerai qui, à l'analyse, indiquait une teneur de 15 à 20 *g* d'or par tonne brute.

L'amalgamation n'a donné qu'un rendement de 1,5 et 2 *g* d'or, et de plus on a éprouvé une perte assez considérable en mercure à cause de l'altération de ce métal au contact des pyrites arsenicales aurifères.

Je puis citer deux grandes usines installées l'une au pied du Mont Rose, l'autre dans le Tyrol, qui ont dû fermer peu de temps après leur installation, dans la première moitié du siècle précédent, et dont on ne voit plus que les ruines : on avait dû les abandonner, parce que les procédés d'amalgamation employés dans ces usines n'avaient donné aucun résultat ; dans ces minerais, l'or est presque exclusivement contenu dans les pyrites. Il est évident que la séparation mécanique de ces pyrites s'impose : j'ai installé une laverie de pyrites arsenicales aurifères, et j'ai ainsi séparé des concentrés pyriteux tenant en moyenne 35 *g* d'or à la tonne : quelques parties de pyrites tenaient jusqu'à 120 *g* d'or par tonne de pyrites.

Je crois que l'idée de faire une préparation mécanique des

minerais d'or en vue de la séparation des parties pyriteuses avant l'amalgamation, s'impose de plus en plus ; car, au fur et à mesure qu'on fouille les gisements aurifères, en filons, on arrive, en profondeur, à rencontrer de moins en moins d'or libre : les parties profondes des filons de quartz aurifère deviennent de plus en plus pyriteuses au fur et à mesure de la diminution d'influence des agents atmosphériques, air et eau, qui ont pénétré dans le filon et y ont oxydé les sulfures ; dans les gisements aurifères filoniens, la pyrite deviendra le facteur important et quelquefois le seul facteur dont on devra tenir compte dans l'extraction de l'or ; il faudra donc le traiter comme un minerai métallique ordinaire et on ne livrera à l'amalgamation que le quartz débarrassé des pyrites, si ce quartz contient assez d'or libre pour payer les frais d'amalgamation. Quant aux pyrites, on les traitera par chloruration, bromuration ou cyanuration ; si on a à sa disposition du minerai de plomb, on grillera les pyrites aurifères et on les traitera au four à plomb en les mélangeant dans le lit de fusion de la galène : le plomb qui coulera du four contiendra tout l'or qui était dans la pyrite.

C'est dans cet ordre d'idées que mon programme a été adopté par une Société russe exploitant un gisement aurifère en Sibérie.

Les filons contiennent de la galène argentifère, de la pyrite aurifère et de la blende : la gangue quartzeuse contient un peu d'or libre.

C'est pour cette Société que j'ai installé à Zyrianowsk une usine traitant 100 *t* de ce minerai en dix heures : le minerai brut est successivement concassé et broyé, de façon à réduire tout le minerai à la grosseur maxima de 2 *mm* : je fais un broyage méthodique et progressif, de façon à éviter autant que possible la production de schlamms inpalpables.

Les figures 1, 2, 3 et 4 de la planche 45 sont la reproduction exacte du plan d'exécution de l'atelier de Zyrianowsk.

Le classement est fait par trommels et caisses de classification qui donnent des sables dont le diamètre descend jusqu'au quart de millimètre. Ces grenailles et les sables sont traités sur cribles à piston, à grilles filtrantes, à cinq compartiments : les particules plus fines que le quart de millimètre vont dans des bassins de dépôt, où elles sont ensuite reprises, délayées convenablement et livrées à des tables tournantes de mon système.

Les résultats sont les suivants :

a. La galène recueillie est portée aux fours à plomb ;

b. La pyrite aurifère est grillée dans des fours spéciaux, munis de chambres de condensation pour la récupération des vapeurs arsenicales : l'oxyde de fer aurifère est mélangé au lit de fusion de la galène, et le plomb provenant de la fusion contient tout l'argent de la galène et tout l'or de la pyrite ;

c. La blende est portée dans un four à réverbère où elle est soumise à une oxydation méthodique, qui la sulfatise (j'ai vu, par ce procédé, sulfatiser 85 0/0 de la blende).

Le sulfate de zinc obtenu par la lixiviation des blendes oxydées est réduit à l'état metallique par l'électrolyse.

La concession, contenant une énorme chute d'eau, peut disposer d'une force hydraulique de plusieurs milliers de chevaux : par suite, l'électrolyse du zinc s'impose pour le traitement métallurgique de ce métal ;

d. Enfin, le quartz, qui a été rejeté des cribles à piston comme matière stérile, au point de vue du minerai métallique, contient encore quelques grammes d'or : on le fait passer dans un moulin à boulets pour le porphyriser, puis on le soumet à l'amalgamation qui en retire tout l'or libre.

Cette méthode de traitement de minerais aurifères complexes va probablement être appliquée prochainement dans d'autres mines en Russie, car la première application faite en Sibérie a attiré l'attention des Ingénieurs du Cabinet de l'Empereur, et je suis sûr que les Allemands vont se lancer dans la voie que je leur ai tracée.

J'espère que l'honneur de cette innovation ne leur restera pas, comme cela est arrivé souvent pour leurs imitations.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. PETER BROTHERHOOD

PAR

Henri VASLIN

Le monde industriel vient d'éprouver, par la mort d'un de nos Collègues étrangers, M. Peter Brotherhood, une perte véritable.

M. Brotherhood était né à Maidenhead (Angleterre), en 1838. Après avoir reçu une solide instruction élémentaire il entra au King's College de Londres, en 1852, et s'adonna alors à l'étude des sciences appliquées.

A l'âge de dix-neuf ans, il s'associa aux travaux de son père qui était entrepreneur de chemins de fer, et, l'année suivante, il entra aux ateliers de construction du « Great Western Railway », à Swindon.

Après un nouveau stage dans la maison de son père, il fut employé comme dessinateur chez MM. Maudslay Sons et Field, où il acquit de précieuses connaissances dans l'étude des machines marines, cette maison, alors à son apogée, construisant les machines motrices de nombreux navires de guerre et des premières lignes de l'Atlantique.

En 1867, il résolut de s'établir pour son propre compte.

Il s'associa d'abord avec M. Kitto, puis avec M. Hardingham, avec lequel il resta jusqu'en 1878. Mais, depuis le premier jusqu'au dernier jour de sa longue carrière, c'est en lui-même, dans son talent de mécanicien et dans ses qualités d'inventeur, qu'il trouva les véritables éléments de son succès.

Par la création d'un nouveau type de moteur et d'une pompe à comprimer l'air à haute pression, M. Brotherhood devait contribuer, dans une mesure considérable, au progrès réalisé aujourd'hui dans la construction du matériel de torpilles automobiles.

C'est en 1872 qu'il créa le moteur à trois cylindres, à vapeur, auquel son nom est resté attaché. Ce moteur, exposé à Vienne, en 1873, y excita un très vif intérêt. M. Henry Chapman présenta alors cet appareil en France et en confia la construction à MM. Flaud et Cohendet, à Paris. Ses applications devinrent très nombreuses, et si, depuis l'adoption des hautes pressions et de la

double ou triple expansion, il a été remplacé par des machines à vapeur plus économiques, il est cependant encore très employé, avec la pression hydraulique, pour commander des cabestans, des perceuses portatives, etc..

La première machine dynamo électrique, commandée directement, fut accouplée à un moteur Brotherhood et installée, en 1875, à bord du cuirassé français *Richelieu*, sur lequel d'autres applications de ce moteur furent faites également pour actionner des pompes centrifuges.

Peu de temps auparavant, les services techniques de l'arsenal de Woolwich, très frappés des dispositions particulières de ce type de moteur, reconnurent que, si l'on pouvait l'actionner au moyen de l'air comprimé, il serait de beaucoup supérieur aux machines, alors en usage, pour la propulsion des torpilles Whitehead. Le premier essai fut en tous points satisfaisant, et, depuis lors, le moteur à trois cylindres fut presque universellement employé dans les torpilles automobiles.

M. Brotherhood introduisit ensuite d'importants perfectionnements dans les pompes destinées à comprimer l'air pour le service des torpilles à bord des navires, s'attachant surtout à réduire les dimensions encombrantes des appareils alors employés. L'expérience faite sur le premier torpilleur anglais, le *Lightning*, fut concluante, et les compresseurs Brotherhood furent, dès lors, adoptés par l'Amirauté anglaise et la plupart des marines étrangères.. Avec quelques légères modifications, ils furent, pendant nombre d'années, exclusivement en usage dans la marine française.

M. Brotherhood prit peu de part dans les affaires publiques et se dévoua entièrement à sa carrière d'Ingénieur. Il était membre de notre Société depuis 1880, et faisait également partie de « The Institution of Mechanical Engineers » et de « The Institution of Civil Engineers ».

Depuis quelque temps déjà, sa santé paraissait sensiblement altérée, sans faire cependant prévoir un aussi brusque dénouement. Il mourut dans sa soixante-cinquième année, précédé, dans la tombe, par deux de ses fils, dont l'aîné promettait de devenir un Ingénieur distingué.

Un autre fils, son collaborateur durant ces trois dernières années, lui survit encore et dirige seul aujourd'hui les ateliers modèles que son père lui a légués.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

Sir William Chandler ROBERTS-AUSTEN K.C.B.

PAR

Henri VASLIN

Nous avons à déplorer aujourd'hui la mort d'un des Membres honoraires de notre Société, Sir William Roberts-Austen.

Né en 1843, il entra, en 1861, à l'École Royale des Mines, en vue de devenir Ingénieur. Après avoir obtenu le grade d'Associé de l'École, M. Roberts, comme il s'appelait à cette époque, se joignit au professeur Graham, alors « Master of the Mint » (maître de la Monnaie), et fit avec lui de nombreuses et remarquables recherches.

Le professeur Graham étant mort en 1869, M. Roberts devint « essayeur de la Monnaie » et, treize ans plus tard, il fut nommé « Assay-Master » de la Reine.

Sa voix faisait autorité dans toutes les questions techniques ayant rapport au monnayage, non seulement en Europe, mais dans le monde entier.

En 1880, il succéda au docteur Percy, à l'École Royale des Mines, dans la chaire de Métallurgie, qu'il occupa jusqu'à sa mort.

Les nombreux devoirs que lui imposaient ces deux emplois ne l'empêchèrent pas de consacrer un temps considérable à des travaux concernant la métallurgie, et, principalement, la composition des alliages. Il publia nombre d'intéressants mémoires, le plus souvent seul, mais quelquefois pourtant en collaboration avec Sir Norman Lockyer, M. Osmond ou le docteur Alder Wright, sur des questions d'ordre scientifique, telles que les caractères spectroscopiques des alliages, la composition des métaux, l'occlusion de l'hydrogène par le palladium, etc.

Il fit partie, à différentes époques, d'un grand nombre de comités, et, partout et toujours, on put apprécier, à côté de la valeur technique du savant, l'extrême aménité de l'homme. Par ses manières courtoises et son esprit accueillant, Sir William Roberts-Austen avait su se concilier, dans notre pays, de nombreu-

ses sympathies, et ceux qui ont eu l'occasion de l'approcher lors du Congrès de « The Iron and Steel Institute », tenu à Paris pendant la dernière Exposition, n'ont certes pas oublié sa constante affabilité.

Son discours d'ouverture, dans lequel il s'était plu à rendre hommage aux progrès de la Science en France, fut très apprécié.

Il possédait, d'ailleurs, un réel talent de conférencier, et le discours qu'il prononça à Stockholm, en présence du roi de Suède, sur l'action des projectiles et des explosifs sur l'âme des canons eut un véritable succès.

Sir William Roberts-Austen fut membre du Comité exécutif de l'exposition des Inventions à Londres, en 1885, du Conseil de la section britannique de l'Exposition de Paris, en 1889, de la Commission Royale de l'Exposition de Chicago, en 1893, et du Jury international de l'Exposition de 1900.

De nombreuses distinctions furent la juste récompense de ses mérites.

Il fut élu membre honoraire de « The Institution of Mechanical Engineers », en 1897, de « The Institution of Civil Engineers », de « The American Institute of Mining Engineers », ainsi que de notre Société, en 1901.

Il fut un des fondateurs de la Société de Physique de Londres, Secrétaire honoraire de « The British Association for the advancement of Science », membre de « The Athenæum Club, for distinguished eminence in science », de la Société Royale, dès l'année 1875, etc.

Il reçut la croix de Chevalier de la Légion d'honneur en 1889, fut fait Chevalier de l'Ordre du Bain en 1890, et Commandeur en 1899.

En 1898, il avait été nommé Président de « The Iron and Steel Institute » et il rendit à cette Société de notables services. C'est à lui que revint, alors, l'honneur de remettre à la reine Victoria la médaille de Bessemer.

Le souvenir de Sir William Roberts-Austen restera longtemps parmi les hommes de science qn'il a pu aider de ses travaux, et parmi tous ceux à qui il a été donné d'apprécier sa réelle valeur.

CHRONIQUE

N° 276.

Sommaire. — Le nouveau paquebot allemand *Kaiser Wilhelm II*. — Puissantes locomotives pour chemins de fer à profil accidenté. — Le chemin de fer le plus élevé du monde. — Action sur les parois des chaudières des chlorures et sulfates alcalins et terreux contenus dans les eaux d'alimentation. — Le système métrique aux États-Unis

Le paquebot allemand *Kaiser Wilhelm II*. — Les chantiers de la Compagnie Vulcan, à Stettin, ont mis à l'eau, le 12 août dernier, le paquebot *Kaiser Wilhelm II*, construit pour le compte du Norddeutscher Lloyd, de Brême; ce navire doit entrer en service au mois d'avril 1903. La Compagnie a trouvé favorables les résultats obtenus, financièrement, par ses deux autres paquebots à grande vitesse, le *Kaiser Wilhelm der Grosse* et le *Kronprinz Wilhelm*. Dans la saison active, c'est-à-dire de juillet à octobre, toutes les cabines de ces paquebots ont été occupées et on a dû refuser un nombre de passagers égal à 33 0/0 du total; dans le reste de l'année, on a une utilisation de 79 0/0 des places disponibles et cela, malgré les prix élevés demandés pour le passage. Ces paquebots ont, dans toutes leurs traversées, couvert leurs frais et, il faut le dire, sans subventions gouvernementales autres que les compensations pour le transport des malles, fixées d'après une base qui est la même pour tous les pays.

Ces faits semblent répondre éloquemment à ce qu'on entend dire souvent et provenant de sources plus ou moins intéressées sur l'inutilité des très grandes vitesses sur mer.

La coque du nouveau paquebot est construite à double fond avec 26 compartiments; il a quatre ponts, et seize des cloisons étanches s'étendent jusqu'au pont supérieur; il y a, en outre, une cloison longitudinale entre les deux chambres de machines, lesquelles sont, elles-mêmes. divisées en deux, de sorte qu'il y a quatre compartiments. Le navire peut flotter encore avec deux compartiments voisins pleins et les cloisons sont construites de manière à pouvoir supporter la charge entière d'eau sur un côté. La coque est, bien entendu, entièrement en acier et tout le travail de rivetage sur chantiers est fait à la riveuse hydraulique.

La longueur totale est de 215,45 *m*, la largeur de 21,94 *m*, le creux, sous le pont supérieur, de 13,46 *m*, et le creux, sous le pont de promenade, de 16 *m*.

Nous donnons, dans le tableau ci-joint, les dimensions principales de quelques paquebots récents, à titre de comparaison.

On voit que le nouveau paquebot a 0,75 *m* de plus en longueur que l'*Oceanic*; il a près de 2 *m* de plus que le *Celtic*; il porte plus de passa-

NOMS DES PAQUEBOTS	*KAISER WILHELM II*	*KRONPRINZ WILHELM*	*KAISER WILHELM DER GROSSE*	*DEUTSCHLAND*	*OCEANIC*	*LORRAINE et SAVOIE*
Compagnies propriétaires	Norddeutscher Lloyd	Norddeutscher Lloyd	Norddeutscher Lloyd	Hamburg-American	White Star	Comp. Générale Transatl.
Constructeurs	Vulcan	Vulcan	Vulcan	Vulcan	Harland et Wolff	d°
Année de la construction	1902	1901	1898	1900	1899	1900
Longueur totale . . . . *m*	215,45	202,20	197,80	208,60	214,70	177,80
Long. entre perpendiculaires . . *m*	»	»	190,60	202,20	209	170
Largeur. . . . . *m*	21,94	20,13	20,18	20,40	20,90	18,20
Creux. . . . . *m*	16	13,10	13,10	13,40	14,90	12
Tirant d'eau. . . . . *m*	8,85	8,85	8,50	8,85	9,90	7,80
Tonnage brût	20 000	15 000	14 400	16 500	17 300	11 900
Déplacement . . . . *m*³	26 000	21 300	20 900	23 600	28 500	15 400
Puissance indiquée. . . . . . . *ch*	38 000 à 40 000	36 000	30 000	36 000	27 000	22 000
Pression . . . . *kg*	16	15	13	16	13,5	12
Mode de tirage.	naturel	naturel	naturel	forcé	assisté	forcé
Vitesse maxima . . . . *nœuds*	24	23,5	23	23,5	20,7	21,90
Nombre de passagers	1 890	1 600	1 500	1 300	1 700	1 000

gers que ces deux navires, il peut, en effet, recevoir 775 voyageurs de première classe, 343 de seconde et 770 de troisième, soit un total de 1 900, en nombres ronds.

Les installations sont extrêmement confortables, l'électricité est largement employée, tant pour la commodité des voyageurs que pour la sécurité du navire. Il y a partout des sonneries électriques; dans les locaux où il est permis de fumer, on trouve des allumoirs électriques. Des communications téléphoniques existent entre la passerelle et les machines et la chambre à gouverner, d'une part et, de l'autre, entre la chambre du capitaine et tous les locaux du navire. Il y a 33 cloches d'alarme pour le navire et 14 autres pour les machines. Pour le service d'incendie, il y a 21 sonneries installées dans les diverses parties du navire et 17 avertisseurs automatiques placés sur divers points. On trouve également sur la passerelle les indicateurs relatifs aux cloisons étanches, dont nous avons parlé dans une de nos chroniques. Sur 52 portes de cloisons étanches, 24 sont manœuvrées par le système Dörr, avec commande depuis la passerelle.

L'installation d'épuisement comprend quatre pompes centrifuges pour la cale, quatre pour les chambres de machines et cinq pompes duplex, le tout pouvant épuiser 9 360 tonneaux d'eau à l'heure. Il y a 20 bateaux de sauvetage et six embarcations pouvant se plier. Les premiers sont les uns en bois, les autres en acier galvanisé.

Pour activer la mise à l'eau des embarcations, quatre des portemanteaux sont munis de moteurs à vapeur.

Pour remplir les conditions imposées par la marine impériale allemande, le paquebot recevra un armement lui permettant de servir de croiseur auxiliaire en temps de guerre. A cet effet, le gouvernail et la machine à gouverner sont disposés entièrement sous la flottaison.

Tous les appareils, pour effectuer les manœuvres, sont établis sur les meilleurs modèles ; nous nous contenterons de mentionner les cabestans fournis par MM. Napier frères, destinés à recevoir des câbles-chaines en fer de 82 *mm* de diamètre sur des roues à empreintes correspondantes, avec freins de retenue ; l'acier coulé et le bronze jouent un grand rôle dans la construction de ces appareils actionnés chacun par une paire de cylindres à vapeur de 0,45 *m* de diamètre et 0,35 *m* de course. On compte, en dehors des machines motrices, 79 machines à vapeur auxiliaires avec 124 cylindres.

L'appareil moteur, également construit par les chantiers du Vulcan, comporte quatre machines à quadruple expansion à quatre cylindres et trois manivelles présentant le calage Schlick. La puissance indiquée collective de ces quatre machines doit atteindre 38 000 à 40 000 *ch*. Chaque paire actionne une hélice en bronze à quatre ailes de 6,95 *m* de diamètre. Ces hélices sont portées par des arbres en acier fondu au creuset de 645 *mm* de diamètre. L'arbre de butée et les arbres coudés sont faits en acier au nickel et ont un diamètre de 635 *mm*.

Pour ramener au strict nécessaire le volume des compartiments contenant les appareils moteurs, on a cherché à réduire le plus possible la longueur de ceux-ci, ce qui a conduit à diviser le moteur en quatre machines placées chacune dans une chambre séparée.

Chaque machine se compose de quatre cylindres agissant sur trois manivelles ; le cylindre à haute pression est placé en tandem sur le premier cylindre intermédiaire, à côté duquel se trouve le second intermédiaire, puis le cylindre à basse pression. Les manivelles sont calées respectivement, d'après le système Schlick ; de plus, pour avoir un meilleur balancement, les deux paires de cylindres disposés en tandem sont placées l'une à côté de l'autre, séparées par une cloison étanche. Chaque machine de chaque bord du navire possède ses appareils de manœuvre particuliers pour le cas où l'un ou l'autre des compartiments serait envahi par l'eau, mais en temps normal les deux machines sont commandées depuis la plate-forme de celle d'avant.

Les machines auxiliaires sont également divisées en quatre appareils indépendants, de telle sorte qu'il y a dans chaque compartiment un condenseur, une pompe centrifuge, une pompe à air Weir, une pompe alimentaire simple Weir avec réchauffeur d'eau, et une pompe double avec réchauffeur et filtre d'eau d'alimentation.

Les principales dimensions des machines sont les suivantes :

Diamètre des cylindres à haute pression	0,950 *m*
— — premier intermédiaire	1,250
— — deuxième intermédiaire	1,900
— — à basse pression	2,850
Course de tous les pistons.	1,800
Diamètre de l'arbre de la machine avant	0,530
— — — arrière.	0,635
Surface réfrigérante de chaque condenseur	1 090 m^2
Nombre de tours prévu par minute.	80

A ce nombre de tours correspond une vitesse de piston de 4,80 *m* par seconde. Les volumes successifs donnés par les diamètres des cylindres ci-dessus sont de 1 — 1,72 — 4 et 9.

L'appareil de vaporisation se compose de douze chaudières à double façade et sept à simple façade ayant en tout 124 foyers. Voici la disposition de ces chaudières : en partant de l'arrière, on trouve une première chaufferie de trois chaudières doubles, puis une seconde de trois doubles et trois simples, une troisième composée de même et enfin, à l'avant, une chambre de chauffe avec trois chaudières doubles et une simple. Cet arrangement a été adopté pour faciliter le plus possible le transport du combustible devant les grilles.

Bien que les chaudières marchent au tirage naturel, on a disposé au-dessus d'elles huit ventilateurs pour amener de l'air aux chaufferies dans le cas où il n'y aurait pas assez de vent. Il y a une cheminée par groupe de chaudières, soit quatre cheminées, comme dans les autres grands paquebots allemands.

Ces cheminées ont 5 *m* de diamètre et 40 *m* de hauteur au-dessus de la quille.

L'ensemble des chaudières présente une surface de grille de 290 m^2, et une surface de chauffe de 10 000 m^2. Il semble possible d'obtenir plus de 40 000 *ch*, puisque le *Deutschland* a réalisé 36 000 *ch* avec 7 950 m^2, soit 4 1/2 *ch* par mètre carré au tirage forcé, il est vrai. Avec 40 000 *ch* et

la consommation par cheval indiqué du *Deutschland*, 0,662 *kg* par heure, le nouveau paquebot brûlerait 26,5 *t* à l'heure, soit 636 *t* par vingt-quatre heures.

Un fait intéressant à noter est, qu'après une longue période de recueillement, les Anglais paraissent vouloir entrer à leur tour dans la voie tracée par les Allemands; en effet, les journaux d'outre-Manche nous apprennent que la Compagnie Cunard a reçu, sur sa demande, des propositions de quatre maisons pour la construction de deux paquebots d'une vitesse de 25 nœuds. Le prix de ces navires tourne autour de 25 millions de francs pour chacun. On parle de coques devant avoir 230 *m* de longueur et 23 de largeur et de machines développant jusqu'à 60 000 *ch* répartis probablement en trois appareils moteurs et autant de propulseurs.

Puissantes locomotives pour chemins de fer à profil accidenté. — Bien que l'attention des constructeurs de locomotives se soit surtout portée, depuis quelques années, sur les machines à grande vitesse, on a néanmoins vu apparaître, dans ces derniers temps, des modèles très intéressants de locomotives destinées à exercer des efforts de traction très élevés à des vitesses modérées. Nous décrivons sommairement ci-après sept types construits tout récemment sur des dispositions variées et dans divers pays.

Le premier est une machine à quatre essieux accouplés et essieu porteur bissel à l'avant appartenant au chemin de fer du Midi; c'est la plus puissante locomotive à marchandises qui existe actuellement en France.

Elle appartient au type compound à quatre cylindres. Les cylindres à haute pression sont à l'intérieur, ils sont inclinés et actionnent le second essieu accouplé à partir de l'avant. Les cylindres à basse pression sont extérieurs et actionnent le troisième essieu; le calage des manivelles de cet essieu est à 180° de celui des manivelles du second essieu pour permettre de réaliser l'équilibre des masses à mouvement alternatif.

Le corps cylindrique a un diamètre de 1,513 *m* et contient 148 tubes à ailerons de 70 *mm* de diamètre extérieur et de 4 355 *m* de longueur. L'axe de la chaudière est à 2,60 *m* au-dessus du rail. On trouvera les dimensions principales de la machine au tableau de la page 839.

Ce type de locomotive est employé au chemin de fer du Midi pour la traction des trains de marchandises sur la ligne de Béziers à Neussargues; il a remorqué aux essais 453 *t*, derrière le tender, sur la section de Béziers à Bédarieux, où les rampes ne dépassent pas 13 0/00, et 207 *t* sur les autres parties où la déclivité est de 28 à 30 et même de 33. Sur ces dernières rampes, la vitesse a été de 18 *km* à l'heure. Ces machines ont été faites aux ateliers de Belfort de la Société Alsacienne de construction mécanique.

L'État Norvégien a fait construire par la Fabrique Suisse de locomotives, à Winterthur, un type de machines un peu moins puissant que le précédent, surtout parce que la charge est limitée à 15 1/2 *t* par essieu, au lieu de dépasser légèrement 16. C'est une locomotive aussi à cinq essieux dont quatre accouplés, mais du système compound à deux

CHEMINS DE FER	Midi	État Norvégien	Transsibérien	Central Aragon	Atchison-Topeka	Birmanie	Départementaux
Dispositions générales de la machine	CMMC $\overline{\text{P}}$	CMCC $\overline{\text{P}}$	MCC $\overline{\text{MCC}}$	CMC $\overline{\text{CMC}}$	CCMCC $\overline{\text{P}}$	$\overline{\text{MCC}}$ $\overline{\text{MCC}}$	MCC $\overline{\text{MCC}}$
Constructeurs	Société Alsacienne	Fabrique de Winterthur	Poutiloff	Borsig	Baldwin.	Vulcan-Foundry	Fabrique de Winterthur
Surface de grille . . . . m^2	2,80	2,80	3,50	4,30	5,44	2,42	1,50
— de chauffe directe . . . . —	15,50	11,70	14,40	»	19,55	12,83	7,80
— — totale . . . . . —	236,00	177,70	204,00	219,50	510,00	130,00	83,50
Pression à la chaudière . . . . . kg	15	13	12	12	16	11,5	14
Diamètre des cylindres. . . . . . mm	390 — 600	550 — 820	475 — 710	470 — 710	483 — 813	355	310 — 480
Course des pistons . . . . —	650	640	650	600	813	508	550
Diamètre des roues motrices. . . m	1,400	1,250	1,180	1,100	1,443	0,991	1,010
Écartement des essieux parallèles. —	4,900	4,200	2,600	3,20	6,200	3,310	2,200
— total . . . . —	7,050	6,750	7,700	7,80	9,100	10,870	7,800
Poids de la machine à vide. . . . kg	64 700	64 000	72 500	76 000	—	—	37 500
— — en service . . —	71 000	72 000	80 000	88 000 à 108 000	121 300	61 000	46 000
— adhérent. . . . . —	64 600	62 000	80 000	88 000 à 108 000	107 700	61 000	46 000
Effort de traction . . . . —	10 600	9 750	14 910	14 500	21 000	9 700	7 300
Coefficient d'adhérence	1/6	1/6,33	1/5,4	1/6,7	1/5,1	1/6	1/6
Charge par essieu. . . . . kg	16,1	15,5	13,3	18	21,5	10,1	7,6

Pour les machines compound à quatre cylindres, on a calculé l'effort de traction par la formule $p \frac{d^2 l}{D}$, d étant le diamètre du petit cylindre. Pour la machine de la colonne 6 qui est à cylindres égaux, on a pris la formule $0{,}65\, p \frac{d^2 l}{D}$. Pour les machines des colonnes 4, 6 et 7 qui sont des machines-tenders, on a calculé le coefficient d'adhérence d'après le poids moyen, c'est-à-dire avec la moitié des approvisionnements d'eau et de combustible.

cylindres. Comme la machine doit passer dans des courbes de 245 *m* de rayon descendant à 150 *m* dans les gares, on a donné aux essieux extrêmes un jeu latéral relativement considérable. L'essieu porteur d'avant a des boites radiales. Le corps cylindrique a le diamètre très élevé pour une locomotive européenne de 1,70 *m*, son axe est à 2,65 *m* au-dessus du rail. La chaudière contient 273 tubes de 46 *mm* de diamètre extérieur et 51 extérieur, et de 4,25 *m* de longueur.

Le tender, monté sur deux bogies, contient 15 000 *l* d'eau et 4 000 *kg* de combustible et pèse 36 800 *kg* chargé.

Ces machines sont destinées à faire des transports de minerais de fer sur la ligne de Ofoten Lulea qui est, paraît-il, la plus septentrionale du monde (traversant le cercle arctique) et qui présente des déclivités de 17 et 20 0/00. La première achevée a fait ses essais sur la section d'Erstfeld-Göschenen du chemin de fer du Gothard où on rencontre une déclivité continue de 26 0/00; elle a remorqué 200 *t* à 22 *km* à l'heure en développant un effort de traction de 9800 *kg*, ce qui correspond à un travail de 800 *ch*. Les dimensions principales de ce type se trouvent à la colonne 2 du tableau de la page 839.

La troisième locomotive appartient à un modèle dérivé de celui de la machine du chemin de fer Moscou-Kasan qui était à l'Exposition de 1900 à Vincennes. C'est une machine compound articulée système Mallet, destinée au chemin de fer transsibérien. On tenait à réduire le poids dans une certaine mesure à cause du faible échantillon des rails de cette ligne et à augmenter autant que possible la puissance. On a réduit le diamètre des roues de 1,200 à 1,180 *m*, on a rapproché les deux groupes d'essieux, et on a réduit le poids du châssis, ce qui a permis de conserver l'étendue totale de la surface de chauffe en agrandissant le foyer et la grille dont la surface a été portée de 2,30 à 3,50 m^2. Ces machines doivent remorquer vingt-six wagons pesant 500 *t*, sur des rampes de 17 0/00; le poids total du train ressort à 626 *t*, exigeant un effort de traction de $626 \times 21 = 13\,146$ *kg*. En réalité, cet effort peut dépasser 14 500 *kg*. Les dimensions principales se trouvent à la colonne 4 du tableau.

Nous donnerons ensuite quelques détails sur des machines également compound articulées système Mallet, qui sont les plus pesantes des chemins de fer européens. Elles ont été construites par les ateliers A. Borsig, à Berlin, pour la Compagnie du Ferrocarril Central de Aragon, et sont destinées à des transports minéraux sur des profils accidentés. Elles sont à la voie de 1,674 *m*.

Il y a deux groupes de trois essieux, l'essieu du milieu de chaque groupe étant moteur.

Les cylindres sont légèrement inclinés et les grands pistons sont munis de contre-tiges; les têtes de tiges de pistons sont guidées par des glissières simples. La distribution est du système Walschaerts. L'approvisionnement d'eau est considérable, il est de 20 000 *l* et ce volume est contenu dans des caisses latérales à la chaudière et dont la paroi supérieure est inclinée pour ne pas gêner la vue du mécanicien sur la voie et dans une caisse située sous la plate-forme. La machine est munie du frein à air comprimé Westinghouse; toutes les roues sont freinées.

Si ces locomotives sont plus lourdes que les précédentes, cela tient à ce qu'elles portent leurs approvisionnements, mais la puissance est sensiblement la même comme on peut le voir par les dimensions. On gagne évidemment quelque chose par la suppression du tender, puisque avec les mêmes approvisionnements d'eau la machine précédente pèse avec le tender 126 *t* au lieu de 108, mais la locomotive porte beaucoup moins de combustible, ce qui n'a pas d'inconvénient dans le cas dont il s'agit, mais en a beaucoup dans d'autres.

Nous donnons, à titre de comparaison, à la colonne 5 les dimensions d'une locomotive américaine qu'on présente comme la plus lourde locomotive du monde. On voit que ses dimensions sont, en effet, énormes. Elle a cinq essieux accouplés et un essieu porteur, du système Bissel, à l'avant. L'essieu du milieu est actionné par une double paire de cylindres placés en tandem l'un devant l'autre et légèrement inclinés.

Les petits cylindres sont montés sur le fond avant des grands, chacun avec tiroir cylindrique, et la vapeur passe de l'un des cylindres à l'autre directement, l'un des tiroirs introduisant par l'intérieur des bandes et l'autre par l'extérieur. De chaque côté de la boite à fumée est disposée une potence tournante jouant le rôle de grue pour enlever les petits cylindres lorsqu'on veut visiter les grands pistons ou le presse-étoupes intermédiaire. La chaudière a un diamètre de 2 *m*, elle contient 463 tubes en fer de 57 *mm* de diamètre extérieur et de 5,795 *m* de longueur. Son axe est à 3 *m* de hauteur au-dessus du rail, c'est la plus grande qui ait encore été atteinte.

Le tender contient 27 000 *l* d'eau et 9 *t* de combustible ; il pèse plein 56 *t*, ce qui porte le poids total du moteur à 177 *t*. L'écartement des essieux extrêmes de la machine et du tender est de 18,14 *m*. La locomotive est munie du frein Westinghouse et du frein à compression d'air par les pistons, dit frein à répression, que les Américains considèrent comme nouveau et qui est employé en Europe depuis trente ans sur les chemins de fer à crémaillère et plus récemment sur d'autres, pour régler la descente.

Les locomotives que nous venons de décrire ont été construites par les ateliers Baldwin pour le Atchison, Topeka and Santa Fe R. R.; elles ne doivent pas être confondues avec d'autres locomotives également du même type *Decapod*, construites pour la même ligne par les ateliers de Schenectady et qui pèsent quelques tonnes de moins avec des dimensions naturellement plus faibles.

Il nous parait nécessaire de faire remarquer ici que, si on peut construire, aux États-Unis, des locomotives aussi colossales, c'est que les conditions des chemins de fer de ce pays s'y prêtent d'une manière particulièrement favorables. Ainsi, les charges par essieu de la machine précédente atteignent 21,5 *t*, tandis que le maximum ne dépasse guère, en Europe, 16, exceptionnellement 18. De plus, les dimensions du gabarit sont plus considérables : ainsi la largeur extrême de la machine américaine atteint 3,100 *m* et la hauteur de la cheminée au-dessus du rail 4,73 *m*. C'est à considérer.

Il nous parait intéressant de rapprocher de ces puissantes locomotives pour voies larges deux types de machines construites tout récemment

pour la voie de 1 *m* et qui sont aussi puissantes et plus même que les machines de la voie large d'il y a quelques années.

La première est une locomotive des chemins de fer de Birmanie, destinée à desservir la section de Mandalay-Kunin, qui présente de longues déclivités de 40 0/00 et des courbes de 91,5 *m* de rayon.

Elle appartient au type Fairlie, mais présente une modification intéressante en ce qu'il y a deux chaudières séparées. On sait qu'un des plus sérieux inconvénients du système Fairlie est que, la chaudière ayant la boîte à feu au centre, la porte du foyer doit se trouver sur le côté, et que le personnel est séparé, le mécanicien d'un côté de la machine et le chauffeur de l'autre, ce qui est gênant et de plus très dangereux, car si, par accident, la machine vient à se renverser, un des deux agents est presque infailliblement pris sous la locomotive, sans préjudice des brûlures causées par le charbon incandescent et l'eau bouillante, comme le cas s'est présenté cet été au camp de Châlons, avec une des locomotives Fairlie employées par le service de l'artillerie.

La machine dont nous nous occupons a deux chaudières distinctes dont les façades sont écartées de 2,15 *m*, de manière à recevoir sur une plate-forme intermédiaire le personnel composé d'un mécanicien et de deux chauffeurs indigènes. Pour faciliter le service des grilles, les portes de foyers sont sur le côté de la façade, l'une à droite de la machine, l'autre à gauche. Les chaudières sont fixées à un fort châssis en tôle et acier coulé, surbaissé entre les chaudières pour former la plate-forme, du personnel et portant sur les côtés les caisses à eau et les soutes à combustible ; ces dernières sont à gauche en regardant les cheminées et les caisses à eau à droite. Ce châssis repose par des pivots sur les deux trucs à trois essieux couplés chacun. Les cylindres et le mécanisme de distribution sont extérieurs, les roues du milieu sont sans boudins.

Chaque chaudière contient 152 tubes de 41 *mm* de diamètre extérieur et 2,75 *m* de longueur. Son axe est à 1,87 *m* au-dessus du rail.

Pour augmenter la surface de chauffe, on a placé dans chaque foyer trente-deux tubes à eau horizontaux, donnant une surface de chauffe de 11,80 m^2. Le changement de marche est à bras et à vapeur. Un volant à main agit sur une tige verticale placée au centre de la plateforme, et au-dessus, sous la toiture de l'abri, est la commande des régulateurs, qui peut agir à volonté sur les deux ou sur l'un ou l'autre. Il y a un frein à contre-vapeur et un frein à vapeur agissant sur les douze roues.

Les caisses à eau ont une faible capacité, 2 250 *l*, et la machine est suivie d'un tender contenant 13 500 *l* d'eau et 3 000 *kg* de charbon ; un raccord flexible établi entre le tender et la machine permet de remplir constamment les caisses à eau de celle-ci au moyen de l'eau du tender ; des robinets isolent les caisses lorsqu'on veut rendre la machine indépendante pour les manœuvres.

Ces machines ont des dimensions considérables : la longueur hors tampons (sans le tender) est de 15,90 *m* et l'écartement des essieux extrêmes de 10,85 *m*. C'est une solution extrêmement compliquée et on peut se demander si l'emploi de deux locomotives avec un tender commun placé entre les deux, ce qui a d'ailleurs été déjà fait, ne serait pas bien plus simple et tout aussi efficace.

La dernière machine est une locomotive compound articulée système Mallet, à six essieux, construite pour le réseau du Vivarais, de la Compagnie de Chemins de fer Départementaux. Ce réseau présente des déclivités considérables allant jusqu'à 32,5 0/00, combinées avec des courbes dont le rayon descend jusqu'à 100 *m*.

Le programme demandait une locomotive capable de remorquer, sur le profil indiqué, des charges de 80 *t* à la vitesse de 20 *km* à l'heure et de 100 *t* à 15 *km*, avec une charge par essieu ne dépassant pas 7,5 *t*, le rail pesant 20 *kg* par mètre courant.

Le type à quatre essieux employé déjà par la Compagnie sur ses lignes de la Corse était insuffisant ; il fallait donc recourir à une machine à six essieux qui devait nécessairement être aussi articulée vu le faible rayon des courbes.

Les nouvelles machines ont été construites par la fabrique de Winterthur ; elles présentent les perfectionnements les plus récents, elles sont munies de sablières à vapeur, du frein à vide et du frein à répression pour régler la descente sur les pentes.

La chaudière contient 152 tubes de 45 *mm* de diamètre extérieur et 3,60 *m* de longueur. Son axe est à 1,85 *m* au-dessus du rail.

Dans des essais faits au mois de janvier 1902 sur la première machine livrée, celle-ci a remorqué derrière elle, sur rampe de 30 0/00 avec courbe de 100 *m*, des charges de 91 *t* à la vitesse de 30 *km* à l'heure, de 125 *t* à 25 *km* et enfin de 155 *t* à 15 *km*. Le train était formé, dans ce dernier cas, de seize wagons d'une longueur totale, sans la machine, de 104 *m*. Ces locomotives pourraient circuler dans des courbes de 60 *m* de rayon. Les dimensions principales sont données dans la dernière colonne du tableau de la page 839.

Le chemin de fer le plus élevé du monde. — Nous avons eu déjà occasion de citer diverses altitudes considérables atteintes par des chemins de fer. Il paraît que le plus élevé qui existe actuellement est le chemin de fer d'Oroya au Pérou, connu sous le nom de Ferrocarril Central del Peru. Cette ligne permet de passer, en huit heures, d'un climat tropical à 8° au sud de l'équateur à une région où règnent des neiges éternelles. Elle est, en outre, probablement la plus merveilleuse du globe par les difficultés qu'a rencontrées sa construction et par les moyens employés pour les surmonter.

La longueur totale du Callao à Oroya est de 222 *km*, et les dépenses de premier établissement se sont élevées à 225 millions de francs, ce qui fait un peu plus de 1 million par kilomètre. A Chosica, à 53 *km* de Lima, se trouve le premier rebroussement et de là jusqu'au sommet, la déclivité est constamment de 4 0/0. Le point culminant est au milieu du tunnel de Caldera, qui a une longueur de 2 400 *m* et se trouve à l'altitude de 4 780 *m* au-dessus du niveau de la mer, soit très sensiblement l'altitude du Mont-Blanc ; c'est 440 *m* plus haut que le sommet du Pikes Peak dans le Colorado.

La ligne rase les bords de précipices de milliers de pieds de profondeur et on a peine à comprendre comment les ingénieurs ont pu faire pour opérer leur tracé. En fait, dans bien des endroits, ils ont dû se faire

suspendre à des cordes pour travailler. A une place, la voie occupe le lit de la rivière Romac qu'on a détournée par un tunnel, de manière à la faire passer sous la ligne. On peut faire descendre un wagon par la gravité seule, depuis le tunnel dont il a été question jusqu'à la mer, sur une distance de 170 *km*, la pente moyenne étant de 28 0/00. La voie est à l'écartement normal. On brûle du pétrole sur les locomotives. Nous rappellerons que pour ce qui concerne l'Europe, le chemin de fer le plus élevé est toujours celui du Görnergrat, en Suisse, qui atteint l'altitude de 3 019 *m* au-dessus du niveau de la mer. Si on considère les chemins de fer à adhérence exploités toute l'année, c'est toujours les lignes des Grisons qui tiennent la tête; seulement, le point le plus élevé qui était jusqu'ici à Wolfgang, 1 633 *m*, est maintenant au milieu du tunnel d'Albula, à 1 825,40 *m*.

Action, sur les parois des chaudières, des chlorures et sulfates alcalins et terreux. — Nous trouvons, dans l'*Industria*, l'article suivant qu'il nous paraît utile de reproduire, vu l'importance de la question.

Les expériences faites par A. Wagner en 1875 avaient déjà démontré que l'oxydation du fer, en présence de l'air, était favorisée dans une assez large mesure par la présence des chlorures de sodium, de potassium, de calcium, de baryum et de magnésium. D'après cet auteur, cette action subsiste lorsque les chlorures sont accompagnés de carbonate de chaux, mais, par contre, l'oxydation du fer ne se produit pas en présence d'une solution de soude ou de chaux.

Dans les chaudières à vapeur, il n'est pas possible de supprimer entièrement la présence de l'air, tant à cause de l'imperfection des appareils d'alimentation que par le fait que l'eau contient toujours en dissolution les gaz de l'atmosphère ; aussi s'explique-t-on pourquoi, en présence des chlorures qui tendent à s'accumuler sous forme de dépôts, les tôles viennent à s'oxyder.

Jusqu'ici, on attribuait au chlorure de magnésium une action particulièrement nuisible, sous le prétexte qu'il était plus facilement décomposable et qu'il pouvait abandonner de l'acide chlorhydrique. Le professeur Ost a recherché si les eaux qui contiennent ce sel en dissolution étant portées aux températures et aux pressions qu'on rencontre ordinairement dans les chaudières en fonctionnement, avaient une action particulièrement nuisible pour les tôles lorsque la présence de l'air était exclue. L'expérience a prouvé que, même dans le cas où la concentration du chlorure de magnésium atteignait le taux de 20 0/0 à la température de 100° C., il ne se produisait aucun dégagement d'acide chlorhydrique. Les mêmes résultats ont été obtenus en opérant sur une dissolution à 10 0/0 sous des pressions allant de 2 à 10 *atm*. En opérant dans un autoclave de cuivre étamé, on a constaté que le liquide avait dissous une certaine quantité d'étain.

Pour étudier la manière dont se comporte le chlorure de magnésium en présence du fer, le professeur Ost a recueilli et examiné les gaz qui se dégageaient avec la vapeur d'un récipient en fer maintenu à la pression de 10 *atm* ; dans le cas où la décomposition du chlorure de magné-

sium s'opérerait, l'acide chlorhydrique mis en liberté attaquerait le fer et dégagerait de l'hydrogène.

L'expérience a prouvé que, dans la vapeur d'eau, se trouvait une proportion sensible d'hydrogène, cette quantité étant, dans les conditions de l'expérience, quatre fois plus grande que lorsqu'on alimentait le récipient avec de l'eau distillée. Dans le liquide restant dans le vase, on constata la présence d'une certaine quantité de fer. Des résultats analogues furent obtenus avec de l'eau contenant 5 0/0 de sulfate de magnésie. En opérant d'une manière analogue avec des dissolutions de chlorure de sodium, de potassium et de calcium, et avec des sulfates de potasse et de soude, on obtint des volumes d'hydrogène plus grands qu'avec le chlorure de magnésium, mais la quantité de fer attaqué restait dans ce cas à l'état d'oxyde insoluble.

Des expériences du professeur Ost, il semble résulter que la quantité de fer dissous ou transformé en oxyde n'est pas tout à fait proportionnelle au volume d'hydrogène recueilli et que la décomposition de l'eau s'effectue indépendamment de la dissolution du fer. En tout cas il en résulte la démonstration de ce fait, que ce n'est pas seulement à la présence du chlorure de magnésium qu'on doit attribuer la corrosion des tôles, mais aussi à celle du chlorure de calcium et des chlorures et sulfates alcalins. L'action particulière des sels de magnésium consiste en ce que ces sels peuvent décomposer l'oxyde de fer formé, l'hydrate de fer se substituant à une partie de la magnésie.

Ce fait, jusqu'ici non soupçonné, a été l'objet d'études particulières du professeur Ost; ce savant a constaté qu'en mettant en présence, au bain-marie, une solution de chlorure de magnésium, de l'hydrate de fer et du fer métallique, une proportion sensible de fer vient à se dissoudre. Comme la magnésie ne précipite complètement le fer du sulfate ferreux que si elle est en grand excès, on doit admettre qu'il tend à rétablir un certain équilibre entre ces divers composés :

$$MgCl_2 + Fe(HO)_2 \rightleftarrows FeCl + Mg(HO)_2$$

$$MgSO_4 + Fe(HO)_2 \rightleftarrows FeSO_4 + Mg(HO)_2.$$

Par suite des propriétés basiques très caractérisées de l'hydrate de magnésie, la réaction s'effectue dans le sens indiqué par la flèche dirigée sur la gauche, mais le phénomène reste soumis à la loi des masses, car en présence d'un excès de magnésie, tout le fer se précipite.

Le fer qui se trouve en dissolution dans l'eau contenant des sels de magnésie dans les générateurs de vapeur provient probablement de ce que le métal décompose d'abord l'eau (1), en se transformant en hydrate ferreux, lequel déplace lui-même la magnésie.

Pour mieux se rendre compte de la manière dont se comporte le chlorure de sodium, le professeur Ost a mis en contact à la température de

(1) Comme la décomposition de l'eau est facilitée par la présence des chlorures et des sulfates, il n'est pas impossible que, dans les expériences de l'auteur, soit intervenue une action électrique amenée par les parties en cuivre de l'autoclave, formant un couple avec les parois en fer, d'autant plus facilement que les sels en dissolution dans l'eau facilitaient l'électrolyse.

100° C. une dissolution de ce sel avec diverses variétés de fer, par exemple du fer réduit par l'hydrogène et, par conséquent, d'une pureté presque parfaite, du fil de fer de fleuriste, du fer doux, de l'acier fondu, de l'acier au nickel et de la fonte. A la température de l'ébullition, avec tous les échantillons essayés, il se produit un dégagement d'hydrogène. Le fer pulvérulent réduit par l'hydrogène donne un dégagement de ce gaz à la température ordinaire, même avec de l'eau distillée. On obtient le plus petit volume de gaz avec le fil de fer et avec l'acier au nickel.

De ces essais, il semble résulter que la décomposition de l'eau serait facilitée par la présence du carbone dans le fer, car l'acier et la fonte donnent un dégagement énergique de gaz. Si on chauffe les différentes variétés de fer avec une dissolution à 100° C. de sels alcalins ou terreux, on obtient un volume d'hydrogène plus considérable avec le chlorure de calcium, le chlorure de potassium qu'avec le chlorure de magnésium. Les fontes très carburées sont plus facilement attaquées que celles moins riches en carbone.

Comme dans les eaux contenant des chlorures, on trouve presque toujours aussi des carbonates terreux, il est utile de répéter les expériences produites en faisant réagir le chlorure de magnésium sur le fer en présence de carbonate de chaux. Röhrig et Traumann avaient déjà démontré que, si on chauffait sous pression du chlorure et du sulfate de magnésie en dissolution à 1 0/0 dans l'eau, avec des quantités équivalentes de carbonate de chaux, il se produisait une double décomposition et il se formait un mélange d'oxyde et de carbonate de magnésie, de sorte que si on alimente une chaudière avec de l'eau riche en sels de magnésie, la proportion de ceux-ci restant en dissolution diminue de plus en plus; la réaction est complète à 15 *atm*. Le professeur Ost a observé que cette réaction s'opère déjà partiellement à 10 *atm* et qu'en présence du carbonate de chaux le fer ne se sépare pas du chlorure de magnésium.

Les essais faits avec des proportions variables des deux substances indiquées montrent qu'il n'est pas nécessaire que le chlorure de magnésium soit entièrement éliminé de l'eau pour empêcher le fer d'entrer en dissolution. Il suffit que la quantité de carbonate de chaux soit environ le quart de celle de chlorure de magnésium pour que la réaction ne se produise pas. Ce n'est qu'au cas où le chlorure de magnésium est en excès qu'il peut provoquer la dissolution du fer.

On comprend, par ce qui précède, que les plus grands dangers pour la conservation des chaudières se présentent lorsque les eaux d'alimentation sont riches en chlorure, sans contenir des proportions notables de bicarbonate, ce qui est le cas des eaux de mer, parce qu'alors l'oxydation des parois non seulement se trouve favorisée par la présence du chlorure de sodium, mais encore est activée par l'effet particulier du chlorure de magnésium, même sans qu'il soit besoin de faire intervenir l'action de l'oxygène de l'air (1).

(1) On peut admettre que les eaux épurées au moyen de la chaux sont susceptibles d'oxyder les tôles des chaudières, si on ne fait pas de fréquentes extractions, parce que les chlorures alcalins, grâce à la concentration, se trouvent en excès par rapport au carbonate de chaux qui a été probablement en partie éliminé.

Le professeur Ost a reconnu que les solutions de chlorures alcalins et terreux, chauffées à la température correspondante à 10 *atm*, peuvent dissoudre des quantités sensibles de cuivre, tandis que le sulfate de soude ne manifeste aucune action. La proportion de cuivre entré en dissolution dépend du degré de poli du métal et, comme celui-ci ne décompose pas l'eau, on doit admettre que le cuivre en dissolution se trouvait déjà à l'état d'oxyde sur les surfaces, ou qu'il s'est trouvé formé sous l'action de l'air introduit d'une manière quelconque.

Pour mettre en lumière l'influence qu'exerce le voisinage du fer et du cuivre, le professeur Ost a chauffé à 10 *atm* une solution de chlorures alcalins et terreux dans un autoclave en cuivre dans lequel était disposée une bande de tôle de fer perforée. Dans aucun cas on n'a trouvé de traces de cuivre en dissolution, ce qui confirme ce qu'on savait déjà relativement à la résistance que le cuivre acquiert lorsqu'il est en contact avec le fer.

Il est à noter que la proportion de fer entré en dissolution et celle de l'hydrogène dégagé ne sont pas plus grandes que s'il n'y avait pas de cuivre, d'où on peut conclure que l'attaque du fer est indépendante de l'action électrique qui pourrait provenir du contact des deux métaux (1).

En ce qui concerne la corrosion des parois des chaudières fonctionnant à des pressions élevées, par suite de la décomposition de l'eau, les expériences du professeur Ost montrent qu'on n'a pas à redouter des conséquences sérieuses lorsque les parois restent couvertes d'une couche d'oxyde ferroso-ferrique et qu'il n'y a pas de chlorures dans l'eau, parce que, dans ce cas, il n'y a pas de dégagement d'hydrogène.

Les recherches faites dans le but de reconnaître la cause de l'altération rapide des tubes en cuivre dont se plaignent les constructeurs de machines marines conduisent à admettre qu'elle est due principalement à l'accès de l'air, parce que les tôles de cuivre bien propres se maintiennent telles dans l'eau de mer lorsque celle-ci est bien purgée d'air.

Le meilleur moyen, d'après le professeur Ost, de protéger le cuivre, consiste à opposer, partout où c'est possible, aux surfaces de ce métal exposées à l'action des chlorures une quantité équivalente de fer, par ce que la présence de ce dernier métal empêche le premier d'être attaqué.

Le système métrique aux États-Unis. — Le projet de loi soumis au Congrès et proposant l'emploi obligatoire du système métrique par les administrations dépendant de l'État est vivement combattu par certains constructeurs de machines, surtout en Pensylvanie.

Alors que la Commission chargée par l'Institut de Franklin d'étudier la question s'est montrée tout à fait favorable au projet de loi, comme nous l'avons indiqué dans la Chronique de mars 1902, p. 479, une Commission nommée pour le même objet par l'American Society of Mechanical Engineers s'est prononcée contre dans des termes qu'il nous paraît utile de mettre sous les yeux de nos Collègues.

(1) Comme l'autoclave dont s'est servi l'auteur était muni des accessoires ordinaires en bronze, on peut supposer que l'identité des résultats obtenus dépend du fait que, dans les deux cas, les métaux en présence étaient de polarités différentes.

Cette Commission se composait de MM. Coleman Sellers. Charles G. Porter, John E. Sweet, George W. Bond et Coleman Sellers, Jr. dont trois au moins sont connus comme des déterminés adversaires du système métrique.

Nous ne donnerons que les conclusions du rapport, rapport assez long et dans lequel on peut relever de sérieuses erreurs basées sur la généralisation de faits exceptionnels et sur une connaissance imparfaite de la pratique du système combattu.

Voici ces conclusions traduites littéralement d'après l'*Iron Age*, numéro du 11 décembre 1902 : « Ces grands avantages du système anglais, que tout le monde peut apprécier, rendent certaine, aux yeux de votre Commission, l'adoption universelle, avant la fin du présent siècle, de ce système et en même temps, en ce qui concerne les mesures, la disparition du système métrique, précédée de celle des bases soi-disant scientifiques sur lesquelles il repose. »

La Commission présente les résolutions suivantes qui ont été acceptées :

« Les Ingénieurs mécaniciens des États-Unis sont les seules autorités compétentes pour apprécier en connaissance de cause quel est le système de mesures qui convient le mieux à leurs besoins. »

« Le projet de loi, actuellement soumis au Congrès, d'après lequel le système métrique deviendrait le système légal de poids et mesures aux États-Unis et son emploi obligatoire dans les administrations de l'État, ce projet de loi, disons-nous, en tant qu'il s'agit de mesures applicables à la construction des machines, conçu dans l'ignorance des conditions de l'industrie, est simplement absurde. »

La même Société, l'American Society of Mechanical Engineers, avait entendu précédemment une communication de M. F. A. Halsay sur le système métrique, dans laquelle l'auteur s'était efforcé de démontrer que ce système avait fait une faillite complète, même dans les pays où son usage est obligatoire depuis plus ou moins de temps, et surtout en France et en Allemagne. Son adoption ne présenterait donc aucun avantage aux États-Unis et entrainerait, au contraire, de grands inconvénients pour la construction des machines.

Cette communication a été suivie d'une discussion longue et animée où les deux opinions ont été éloquemment défendues. Les arguments des opposants sont toujours les mêmes et nous ne croyons pas utile de les reproduire, les ayant déjà, plus ou moins, tous passés en revue dans des articles précédents sur ce sujet. Mais nous ne pouvons omettre de citer l'appui apporté au système métrique par deux autorités de premier ordre dont les témoignages ont été lus au cours de la discussion.

L'illustre savant lord Kelvin affirme que deux ou trois jours d'étude suffisent pour comprendre le système métrique et s'en servir couramment en réalisant une énorme économie de temps sur les calculs opérés avec le système anglais.

Sir Benjamin Baker, le constructeur du pont du Forth, dit qu'il est également familier avec les deux systèmes, ayant eu beaucoup de travaux à faire à l'étranger et que, quand il rentre dans son pays après avoir travaillé avec le système métrique, il pense qu'il n'y a rien dans

le monde de plus absurde que les poids et mesures anglais. Quant à ce qui est de la construction des machines, il ne doute pas qu'ouvriers et dessinateurs ne se mettent très vite au courant du système métrique et ne soient ensuite enchantés de l'avoir adopté.

Dans le parti opposé, nous trouvons un argument que nous nous reprocherions de ne pas mettre sous les yeux de nos Collègues.

M. A. B. Johnson, de la maison Baldwin, expose que les États-Unis sont un grand pays d'industrie et d'exportation. Cette dernière est appelée à prendre des proportions extraordinaires. Si les États-Unis adoptent le système métrique, l'Angleterre devra en faire autant, tandis que, si les premiers conservent le système anglais, ils obligeront les pays qui consomment leurs produits à revenir à ce système de mesure.

Autrement dit, la puissance de production et d'exportation de l'Amérique du Nord doit devenir telle qu'elle puisse dicter des lois au reste du monde. Avec l'Angleterre et les États-Unis décidés à conserver leur système actuel, tous les autres pays devront tôt ou tard finir par s'y rallier. Tout commentaire nous paraît superflu (1).

(1) Au moment où nous corrigeons les épreuves de cette note, nous trouvons, dans l'*Engineering News* du 25 décembre 1902, une lettre d'un des membres de la Commission qui a fait le rapport ci-dessus, M. Ch. G. Porter. Cette lettre est conçue dans des termes encore moins parlementaires que le rapport. On en jugera par cette seule phrase : « Le système métrique est absurde; absurde est sa prétention d'être scientifique, et il n'y a que des Français capables d'avoir pu l'imaginer ».

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Novembre 1902.

Rapport de M. Brull, sur un **Compteur à eau en celluloïd** de M. P. Samain, constructeur à Clamart.

Ce compteur appartient au type connu depuis quelques années sous le nom de compteur à disque. Dans ce système, le mesurage de l'eau s'effectue au moyen d'un disque en forme de cône très ouvert oscillant de façon que sa tranche circulaire reste en contact sans frottement avec la surface intérieure d'une chambre demi-sphérique. Le disque roule ainsi en divisant toujours en deux parties égales la chambre. Il est fendu suivant une génératrice pour embrasser avec un jeu suffisant une cloison verticale fixe qui sépare les orifices d'entrée et de sortie de l'eau. C'est en somme l'application, comme compteur, de la machine à disque présentée comme moteur à vapeur il y a une cinquantaine d'années.

M. Samain a introduit dans ce système l'emploi du celluloïd, en remplacement des moteurs employés usuellement. Cette matière a l'avantage de donner un frottement très doux, en présence de l'eau, de ne pas s'altérer et de se prêter très facilement à la fabrication ; sa densité est, en outre, très faible, 1,30 à 1,45 seulement. Avec des compteurs en celluloïd, la perte de charge nécessaire au fonctionnement ne dépasse pas, paraît-il, 40 *mm*.

L'industrie du ciment Portland, par E. Candlot.

Ce travail décrit rapidement les principes de la fabrication du ciment portland et entre dans des détails intéressants sur les dispositions que l'on rencontre le plus communément dans les fabriques de ciment pour la préparation des matières premières, exploitation des carrières. broyage, presses à briquettes, séchoirs, fours de cuisson de divers systèmes, etc., et termine par des renseignements sur l'importance de cette industrie dans les divers pays. La production totale du globe peut être estimée à 7 à 8 millions de tonnes.

Recherches sur la plasticité des argiles, par M. B. Zschokke.

La formabilité ou plasticité est la qualité principale des argiles au point de vue technologique et la détermination de sa valeur présente un intérêt pratique considérable. On a proposé diverses méthodes dans ce but ; elles sont basées, en général, sur le cintrage que peut subir une barrette d'argile avant de se fissurer.

On doit reconnaitre que la plasticité, dans le sens général du mot, n'est pas une action physique simple, mais au contraire une propriété

complexe. En examinant une argile au point de vue de sa plasticité, il faut tenir compte des points suivants : de formabilité, degré de cohésion, force d'adhérence et plasticité proprement dite dans le sens restreint du mot.

L'auteur étudie successivement ces divers points, et tenant compte des théories de Rejtö qui lui semblent être vérifiées, et en raison de ses résultats personnels, il pense qu'on peut peut-être donner de la plasticité la définition suivante :

On comprend par plasticité la propriété d'un corps, possédant une cohésion aussi complète que possible, de subir sous l'action de forces extérieures des déformations permanentes très considérables sans que le corps déformé présente, par rapport au corps primitif, un changement dans sa cohésion.

Les causes de la plasticité des argiles sont en rapport intime avec le pouvoir absorbant très prononcé de la substance argileuse et l'attraction mutuelle très intime entre celle-ci et l'eau de gâchage. Le pouvoir absorbant très considérable des argiles provient en partie des dimensions extrêmement réduites des grains d'argile, et en partie d'une affinité chimique ou physique de la substance argileuse pour l'eau.

Léonard de Vinci, peintre, Ingénieur-hydraulicien, par M. A. Ronna *(suite)*.

Cette seconde partie du travail de notre regretté Collègue étudie d'abord les manuscrits de Léonard de Vinci qui sont très nombreux. Une partie furent envoyés à Paris, après l'entrée des Français à Milan en 1796 ; ils sont revenus à Milan après l'occupation de Paris par les alliés en 1815, sauf neuf volumes qui sont restés à l'Institut de France sans avoir été réclamés. Un des plus importants et le plus précieux des manuscrits, le *Codice Atlantico*, qui est à la bibliothèque Ambroisienne, contient des notes et dessins sur une foule de points touchant à la science et à ses applications ; le génie de l'auteur s'y manifeste sous tous ses aspects. L'Académie royale des Lincei s'occupe actuellement de la publication intégrale de cet ouvrage.

La note dont nous nous occupons étudie ensuite Léonard de Vinci comme mécanicien et physicien, puis comme inventeur et Ingénieur. Cette partie est d'un haut intérêt, mais nous ne pouvons que renvoyer à ce sujet au Bulletin de la Société d'Encouragement. *(A suivre)*.

Rapport sur **des expériences comparatives de peintures au blanc de céruse et au blanc de zinc,** par M. Rigolot (Extrait de la *Revue d'hygiène et de police sanitaire)*.

Ces expériences ont été exécutées à l'annexe de l'Institut Pasteur, sous les auspices de la Société de Médecine publique et de Génie sanitaire et de la Chambre syndicale des Entrepreneurs de peinture de Paris.

Les résultats comparatifs, constatés immédiatement, se résument ainsi :

1° Les teintes et les enduits préparés judicieusement au blanc de zinc se travaillent et s'emploient aussi bien que ceux faits au blanc de céruse ;

2° Ils ont un pouvoir couvrant et une siccativité sensiblement égaux. La question de la durée et de la résistance aux agents atmosphériques ne peut se résoudre qu'avec le temps.

Notes de mécanique. — On trouve sous cette rubrique une note sur la traction électrique sur les chemins de fer, d'après MM. Bordoy et Jenkin, et une autre sur l'essai des ressorts d'indicateurs, d'après M. E. Roser.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

2e TRIMESTRE DE 1902 *(suite et fin).*

Expériences sur des bordages en tôle, par M. GALLIOT, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'auteur a fait de nombreuses expériences sur la résistance des bordages plans ou emboutis. Ces expériences ont été faites de la manière suivante :

On a construit un cadre en fonte très rigide, à fond fermé, de 925 $\times$ 860 *mm* de côté, établi de manière à prévenir toute déformation. On appliquait sur ce cadre les tôles à essayer en les assemblant par boulons avec interposition d'un cuir, et on forçait avec une pompe de l'eau dans l'intervalle existant entre la tôle et le fond du cadre. Un manomètre mesurait la pression.

Pour apprécier la déformation, on traçait sur les tôles, avant l'essai, un quadrillage de lignes très fines espacées régulièrement et on mesurait la déformation des carrés ainsi formés. Pour les tôles planes, on traçait, après déformation, des courbes de niveau en plaçant les tôles la partie concave en haut. On y mettait de l'eau à différentes hauteurs et on traçait sur la tôle les diverses lignes d'affleurement de la surface du liquide.

Le mémoire donne des tableaux indiquant les flèches obtenues en divers points de la pièce pour des tôles planes ou embouties de 2 1, 2 et 3 *mm* d'épaisseur.

Ces expériences ont conduit l'auteur à présenter des formules assez compliquées, mais qui se simplifient beaucoup en présence de certaines hypothèses.

Ainsi, si on prend pour le coefficient d'élasticité E la valeur de 2×10^{10}, comme d'habitude, et pour R le travail du métal, 6 *kg* par millimètre carré, en appelant d l'épaisseur du bordage en millimètres, h la hauteur d'eau en mètres sur le centre du panneau, c la longueur en mètres des petits côtés du panneau et f_0 la flèche, on a :

Pour des bordages plans. . . . . $d = 2hc$

Pour des bordages emboutis. . . . . $d = \dfrac{c}{100\, f_0}$

Sur la prévision des débits minima des sources de la Vanne, par M. Ed. Maillet, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Une loi, formulée par Dausse, indique que, dans les bassins où, comme celui de la Seine, dominent les terrains perméables, les pluies d'été, en général, profitent à peine aux cours d'eau et aux sources profondes. Leur débit minimum, qui a lieu généralement dans le dernier trimestre de chaque année, doit donc dépendre surtout de l'état des nappes souterraines au début de l'hiver précédent et des pluies de cet hiver. Il semble donc qu'on puisse au commencement du mois de mai de chaque année, formuler une prévision pour le débit des sources du bassin de la Seine dans le courant du deuxième semestre suivant.

L'auteur s'est proposé d'indiquer des graphiques, analogues à ceux qu'on établit pour la provision des crues, pour deux des principales sources hautes de la Vanne, captées pour l'alimentation de Paris. Il fait la vérification de cette méthode par son application à un cas rétrospectif.

Bulletin des accidents d'appareils à vapeur survenus pendant l'année 1900.

Ce Bulletin a paru précédemment dans les *Annales des Mines* et nous en avons rendu compte dans le Bulletin de mai 1901, page 795.

Dérivation du canal du Nivernais, dans la traversée de Clamecy, par M. Mazoyer, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

La partie du canal du Nivernais traversant la ville de Clamecy sur 1 375 *m* de longueur était dans des conditions très gênantes pour la navigation et très mauvaises pour l'hygiène.

On a pu supprimer cette traversée en utilisant sur une certaine longueur le lit de l'Yonne convenablement draguée et en le reliant au canal par deux écluses.

Ces travaux commencés en 1897 ont été achevés récemment; ils ont coûté environ 900 000 *f*. L'ancien canal sera remis à la ville pour être transformé en boulevard.

L'alimentation d'eau de Paris, par M. Bret, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La ville de Paris, dont la population s'élève, d'après le recensement de 1901, à 2 714 068 habitants, dispose de 996 500 m^3, dont 292 000 d'eau de source, 60 000 d'eau de rivière filtrée et 644 500 d'eau provenant de l'Ourcq, de la Seine, de la Marne et des puits artésiens et anciens aqueducs ; ce qui donne par habitant et par jour, 130 *l* d'eau de source et 237 d'eau de rivière, soit un total de 367 *l*.

Il y a dans Paris dix usines avec 5 422 *ch*, plus quatre usines de relais de 930 *ch* et huit usines élévatoires établies à l'amont de l'aqueduc de la Vanne et de celui du Loing, ce qui fait un total de vingt-deux usines de 7 200 *ch* de puissance collective.

Les dépenses d'exploitation et d'entretien se sont élevées, en 1900, à

un total de 6 700 000 *f*, ce qui donne 2,8 centimes par mètre cube d'eau amenée. Si on ajoute l'intérêt et l'amortissement (au taux de 4 0/0), on arrive à un chiffre de 18 700 000 *f*, ce qui donne environ 8 centimes par mètre cube d'eau distribuée.

ANNALES DES MINES

8me livraison de 1902.

Revue de la construction des machines en l'an 1900, par M. Ed. Sauvage, Ingénieur en chef des Mines, professeur à l'École nationale supérieure des Mines *(suite)*.

Cette partie s'occupe des moteurs hydrauliques, de la transmission de la puissance motrice, des pompes et de la pneumatique.

Note sur une **interprétation mécanique** des principes de la thermodynamique, par M. Seligmann-Lui, Ingénieur des Mines.

9me livraison de 1902.

Les anciens chenaux aurifères de Californie, par M. A. Bordeaux, Ingénieur civil des Mines.

On désigne sous le nom d'anciens chenaux les alluvions d'anciennes rivières ensevelies sous des coulées volcaniques. Ces alluvions anciennes, dont les galets, le sable et les boulders se sont cimentés au point de nécessiter parfois un broyage, présentent une assez grande analogie avec les conglomérats du Transvaal au point de vue de l'apparence et de la régularité dans la répartition de l'or. On estime que sur les 7 milliards d'or que la Californie a produit de 1848 à 1900, les anciens chenaux ont donné 1 1/2 milliard. Les anciens chenaux existent, en dehors de la Californie, dans l'Orégon, dans la Colombie britannique et au Canada.

La note décrit ces chenaux, notamment ceux des comtés de Placer et d'Eldorado où l'auteur a passé près de trois ans, leur mode d'exploitation et leur production.

Bulletin des travaux de chimie exécutés en 1900 par les Ingénieurs des Mines dans les laboratoires départementaux.

Note sur le **havage mécanique des charbons** à la Compagnie des Mines d'Anzin, par M. Saclier, Ingénieur en chef des travaux du fond aux mines d'Anzin.

Les appareils américains étant trop lourds et encombrants pour les conditions d'exploitation des mines d'Anzin, on a cherché un outil plus léger et facile à transporter et on a reconnu qu'on pouvait, sans grande dépense, transformer en haveuses les perforatrices en usage à la Compagnie pour le forage des mines. Il a suffi de doter l'appareil de perforation d'un dispositif permettant sa rotation sur son affût dans un

plan donné et de s'assurer la possibilité de faire varier l'inclinaison de ce plan dans tous les sens. La note décrit la disposition adoptée et son application telle qu'elle est réalisée depuis le mois de janvier 1901, ainsi que les résultats obtenus, qui se traduisent par une plus-value du rendement de l'ouvrier et une surproduction de gros charbon ; c'est le dernier avantage qui compte réellement, parce que le premier est à peu près compensé par les dépenses d'outillage et d'air comprimé.

La conclusion est que le rôle de l'abatage mécanique, dans le gisement d'Anzin, sera extrêmement limité et que ce mode ne peut être substitué totalement, ni même en grande partie, au travail à la main.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Novembre et Décembre 1902.

District de Paris.

Réunion du 11 octobre 1902.

Communication de M. Desgrez sur **la régénération de l'air confiné dans les milieux irrespirables.**

Cette méthode de régénération est basée sur la décomposition du bioxyde de baryum par l'eau, laquelle dégage de l'oxygène destiné à remplacer celui qui a été consommé, sur la fixation de l'acide carbonique éliminé et sur la destruction des toxites pulmonaires.

L'auteur, en collaboration avec M. Balthazard, a construit un appareil, basé sur ces principes, et qui permet à un homme de pénétrer dans une atmosphère irrespirable et d'y séjourner au moins trois quarts d'heure. Le poids de l'appareil, prêt à fonctionner, est de 12 *kg*.

Communication de M. Levat sur **les richesses minérales de la Boukharie et du Turkestan.**

Cette question a été traitée devant notre Société par l'auteur dans la séance du 3 octobre dernier et le mémoire a paru dans le *Bulletin* de septembre.

Communication de M. Colomer sur **le broyeur à charbon de MM. Schoeller et Vinsonneau.**

Cet appareil est un broyeur à choc comme le broyeur Carr, mais les organes sur lesquels se produit le choc, au lieu d'être des broches, sont des marteaux qui frappent à grande vitesse et à la volée sur la matière à broyer, à l'imitation du travail de l'homme. Ce broyeur a l'avantage d'employer beaucoup moins de force que le broyeur Carr; un broyeur de ce genre à seize marteaux, c'est-à-dire de plus grand débit, donnant 10 000 *kg* à l'heure, n'exige que 7 à 8 *ch*, au lieu de 20 à 25.

DISTRICT DU CENTRE.

Réunion du 12 octobre 1902.

Communication de M. LEMIERRE sur **les formations coniques dans le département de la Loire.**

Dans cette communication, l'auteur s'est proposé :

1° D'exposer la formation et la constitution du bassin de la Loire par une analyse du mémoire de M. Gruner : *Études des gîtes minéraux de la France*, 1882 ;

2° De rappeler le mode général de formation conique déjà indiqué par lui en août 1901, en tenant compte des actions microbiennes qui peuvent désormais être introduites dans une question de stratigraphie ;

3° De faire application de cette théorie au bassin de la Loire, pour indiquer la position des principaux courants charrieurs qui contribuèrent au remplissage de ce bassin, position déduite de la forme contournée des couches dans les étages supérieurs et pour expliquer la variation des teneurs en matières volatiles par l'action plus ou moins complète des ferments.

Communication de M. SEIGLE sur **des installations d'aciéries Martin américaines et allemandes** (d'après le *Stahl und Eisen*).

DISTRICT DE SAINT-ÉTIENNE.

Réunion du 6 décembre 1902.

Communication de M. FRIEDEL sur **un granite des environs de Firminy.**

L'auteur a observé aux environs de Firminy, sur la bordure du terrain houiller, une formation d'arkose sous forme d'une bande continue d'une vingtaine de kilomètres de longueur sur une épaisseur de 40 à 60 *m*, reposant en discordance sur les micaschistes formant le fond de la cuvette houillère.

Une autre observation analogue tendrait à prouver que, contrairement à l'opinion la plus généralement répandue, ou du moins dans des cas particuliers, le granite se serait formé au voisinage de la surface et non en profondeur. L'examen microscopique de quelques échantillons corrobore cette manière de voir.

Communication de M. RATEAU sur **l'utilisation des vapeurs d'échappement d'une machine d'extraction** aux mines de Bruay.

Le principe de la disposition consiste à envoyer la vapeur d'échappement de la machine dans un accumulateur de vapeur formé de masses métalliques en forme de cuvettes absorbant le calorique mis en liberté par la condensation de la vapeur et la restituant en revaporisant l'eau condensée. La pression est réglée par une soupape de sûreté à 1,25 *kg* par centimètre carré.

La vapeur agit dans une machine secondaire qui est une turbine à basse pression fonctionnant à condensation. On obtient ainsi 300 *ch* électriques par la vapeur d'échappement précédemment perdue, et cela d'une manière absolument régulière et pratique.

Lettre de M. Maussier, relative à d'**anciennes recherches de mines à Autun.**

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 48. — *29 Novembre 1902.*

Installations d'éclairage électrique et de distribution de force du port de Carlsruhe, par F. Winamer et C. Bender.

Les transporteurs à projection et leur mode de transmission, par H. Marcus.

Les établissements de la Gutehoffnungshütte, par Fr. Frölich *(suite).*

Exposition de Dusseldorf. — Les installations centrales de condensation, par H. Dubbel.

Revue. — Technique américaine des ateliers de construction de machines, par F.-C. Wannieck. — Explosions de chaudières dans l'empire allemand en 1901. — Distribution d'eau avec épuration par l'ozone à Schierstein près Wiesbaden.

N° 49. — *6 Décembre 1902.*

Paliers à graissage automatique pour transmissions, par R. Kablitz.

Exposition de Dusseldorf. — Les appareils de levage, par Ad. Ernest.

Les locomotives de l'époque actuelle, par E. Brückmann *(suite).*

Quelques observations sur le calcul des colonnes chargées excentriquement à leur axe, par A. Ostenried.

Les établissements de la Gutehoffnungshütte, par Fr. Frölich *(fin).*

Corrections dans les analyses du fer, par E. Groschuff.

Groupe de Francfort. — Indicateur totalisateur.— Quatrième réunion générale de l'Association technique des constructeurs de navires le 26 novembre dernier à Berlin.

Bibliographie. — Les voies de chemins de fer, par A. Haarmann.

Revue. — Les explosions de chaudières dans l'empire allemand en 1901. — Dispositions pour l'accroissement du tirage des chaudières à vapeur. — Camion à moteur du Dr Brightmore.

N° 50. — *19 Décembre 1902.*

Coefficient de frottement des tourillons tournant à grande vitesse, par O. Lasche.

Transmission de la chaleur dans les surfaces de chauffe, par L. Austin.

Exposition de Dusseldorf. — Constructions métalliques remarquables, par O. Leitholf *(suite).*

Valeurs critiques et leur rôle dans la condensation des gaz, par A. Schaefer.

Qualités des charbons et leur choix pour la prévention de la fumée dans quelques installations de chaudières aux États-Unis, par Glasenapp.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Organisation d'un service de prévisions météorologiques à l'Observatoire d'Aix-la-Chapelle.

Groupe de Cologne. — Cours pratique pour mécaniciens et chauffeurs.

Revue. — Normes pour machines et transformateurs électriques.

N° 51. — *20 Décembre 1902.*

Machine à vapeur avec distribution par soupapes, système Lentz, par Fr. Freytag.

Coefficient de frottement des tourillons tournant à grande vitesse, par O. Lasche *(suite).*

Exposition de Dusseldorf. — L'électricité dans les mines et la métallurgie, par H. Hoffmann *(suite).*

Exposition de Dusseldorf. — Constructions métallurgiques remarquables, par O. Leitholf *(fin).*

Groupe de Dresde. — Mesure de la résistance des coques de navires au moyen de modèles et stations d'essai des chantiers d'Uebigau de la Société allemande de navigation sur l'Elbe « Kette », à Dresde.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Nouvelle locomotive compound à quatre cylindres à grande vitesse.

Bibliographie. — Développement de l'industrie houillère dans les provinces du Bas-Rhin et de Wespthalie dans la seconde moitié du XIXe siècle, par l'Association des intérêts miniers du district de Dortmund.— Dictionnaire anglais-allemand et allemand-anglais, par Grieb Schöer.

Revue. — Machines à broyer le charbon de Franz Meguin et Cie. — Transport électrique de force de la Société par actions précédemment W. Lahmeyer et Cie. — Nouvel embrayage pour arbres de transmission. — Élévateur à grains de 30 000 *t* du port de Gênes. — Rouleau compresseur actionné par l'électricité.

N° 52. — *27 Décembre 1902.*

Coefficient de frottement des tourillons tournant à grande vitesse, par O. Lasche *(fin).*

Exposition de Dusseldorf. — L'électricité dans les mines et la métallurgie, par H. Hoffmann *(fin).*

Fonderies et laminoirs de la Société des Forges de Bogoslowsk, dans l'Oural, par F. Stark.

Bibliographie. — La machine à gaz, son développement et son état actuel, par R. Schöttler.

Revue. — Fours à rechauffer avec dispositions mécaniques pour la ranslation des pièces à chauffer.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :
A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Annuaire Marchal des Chemins de fer et des Tramways (1).

Nous présentons ici la 17me année de cet ouvrage dont beaucoup de nos Collègues ont pu apprécier, depuis longtemps, la très réelle utilité.

Pour ceux qui ne le connaîtraient pas encore, nous rappelons que cet Annuaire, rédigé d'après les documents officiels les plus récents, donne des indications très complètes sur le personnel des chemins de fer français, la liste des chemins de fer de l'Europe avec des renseignements sommaires sur chaque ligne, et des documents analogues sur les tramways et chemins de fer sur routes.

Une seconde partie, également très appréciée, est consacrée à des documents statistiques et législatifs parmi lesquels figure la nomenclature des lois, décrets et ordonnances édictés depuis 1823, et une foule de renseignements utiles et souvent indispensables non seulement aux ingénieurs, mais même au public voyageur.

A. Mallet.

Manuel des constructions métalliques (ponts et charpentes), par J. Buchetti, 3e édition (2).

La première édition de cet ouvrage a paru en 1888. Il était destiné, dans la pensée de l'auteur, à remplacer et surtout à compléter, pour le praticien, les traités, tous presque exclusivement théoriques, de résistance des matériaux, de graphostatique, etc., en mettant, en outre, à la disposition des constructeurs, des résultats d'expérience, des formules pratiques et des tableaux de calculs faits provenant, pour la plupart, de notes rédigées par l'auteur, au cours de sa carrière d'ingénieur, pour son usage personnel.

Le livre portait, au début, le titre de « Manuel des constructions métalliques et mécaniques », car il traitait alors également du calcul de la résistance des pièces de machines.

Dans l'édition que nous présentons aujourd'hui à nos collègues, l'auteur se borne à étudier les ponts et charpentes métalliques. Nous n'avons pas à faire l'éloge du livre, ses trois éditions sont la meilleure preuve du succès qu'il a obtenu. Nous nous bornerons à indiquer que, sous sa forme actuelle, il contient, dans sa première partie, le rappel des formules générales de la résistance des matériaux, les conditions

(2) In-8°, 250 × 160, de xix-1143 pages. — Librairie Dunod, quai des Grands-Augustins, 49. Paris. — Prix : cartonné, 7 francs.

(1) Librairie Polytechnique Ch. Béranger, 15, rue des Saints-Pères, Paris. Un vol. in-4°, 280 × 225, de 255 p. avec 222 fig. et atlas même format de 39 planches. Prix, broché : 40 *f*.

d'essai de ceux-ci et les principaux types de machines employés à cet effet.

Les autres parties de l'ouvrage ont trait aux méthodes analytiques et surtout aux méthodes graphiques qui déterminent les tensions et moments de flexion dans les poutres droites, les fermes de charpentes, les arcs à articulation, continus ou encastrés. Ces parties ont reçu d'importantes additions par rapport aux éditions précédentes.

Le livre de M. Buchetti ne peut manquer de rendre de grands services aux ingénieurs et constructeurs pour l'étude rapide des constructions métalliques, et nous sommes persuadé que cette nouvelle édition aura le même succès que les précédentes.

A. MALLET.

IIe SECTION

La Mécanique à l'Exposition de 1900 (1).

La belle publication qui porte ce titre a été faite sous le patronage et la direction technique d'un Comité de rédaction composé de sommités scientifiques et industrielles, dont plusieurs font partie de notre Société, et où figure comme secrétaire de la rédaction notre distingué Collègue, M. G. Richard. Elle a pour but de faire connaître, avec les détails nécessaires, les objets se rapportant à la Mécanique qui se trouvaient à l'Exposition de 1900 et on peut dire que c'est ce qui a été publié de plus complet sur la question.

L'ouvrage que nous présentons à nos Collègues se compose de trois forts volumes.

Le premier donne d'abord une description très complète des installations mécaniques de l'exposition. On sait que ces installations dépassaient de beaucoup en importance celles des expositions précédentes. Il nous suffira, pour en donner une idée, de rappeler que quatre-vingt-douze chaudières, desservies par deux cheminées monumentales, fournissaient la vapeur, à raison de 235 000 *kg* à l'heure, à trente-sept machines motrices d'une puissance collective de 36 000 *ch* en nombre rond.

Puis vient la description des chaudières, des machines à vapeur, des moteurs à gaz, à pétrole et à air comprimé et enfin des moteurs hydrauliques.

Le second volume étudie les pompes, les régulateurs, les machines marines, les appareils de levage et de manutention, les appareils de sécurité, branche pour ainsi dire toute nouvelle, avec les applications aux diverses industries et un aperçu sur l'hygiène industrielle, puis les machines-outils, partie formant une étude magistrale de M. G. Richard, dont la compétence sur cette vaste question est si connue, et se termine par une étude des plus intéressantes sur la Mécanique de la Forge, comprenant l'examen des appareils mécaniques appliqués si largement depuis quelque temps pour faciliter la manutention des matières ou produits dans les hauts fourneaux, forges et aciéries.

(1) Trois forts volumes in-4°, 1 954 pages, 3 025 figures et 7 planches. Prix broché : 60 *f*. Vve Ch. Dunod, éditeur, quai des Grands-Augustins, 49, Paris.

Le troisième volume contient l'exposition rétrospective de la Mécanique, par M. Eude, formant une partie de l'ouvrage si intéressant du même auteur, dont nous avons fait un compte rendu détaillé dans le Bulletin d'octobre 1902. Il traite ensuite des machines frigorifiques, du matériel agricole, de l'artillerie, des automobiles et cycles, et enfin des applications mécaniques de l'électricité, partie où on trouve des développements du plus haut intérêt sur les transmissions de force qui jouent actuellement un rôle si considérable, sur les moteurs électriques et l'emploi de l'électricité pour les appareils de levage, les chemins de fer, la marine, les mines, la métallurgie, l'électrochimie, etc.

On peut voir, par cette énumération, qu'à part le matériel de chemins de fer, qui a fait l'objet de publications séparées, la « Mécanique à l'Exposition » embrasse tout le vaste domaine des applications de cette science, à la grande manifestation industrielle de 1900.

Chacune des parties dont nous n'avons pu que mentionner le titre ci-dessus est traitée, aussi complètement que possible, par des auteurs compétents, avec le secours d'un très grand nombre de figures qui ajoutent un attrait réel à la valeur de l'ouvrage. Quelques-unes de ces parties ont même un développement qui nous a paru en faire de véritables traités sur les matières étudiées. Nous serions presque porté à critiquer ce développement peut-être excessif qui, faisant dépasser parfois au travail les bornes d'un compte rendu pur et simple, y provoque l'introduction de théories souvent personnelles à l'auteur et de critiques dont l'impartialité pourrait par cela même paraître un peu suspecte.

Sous réserve de cette simple observation, nous sommes heureux de constater la très grande valeur de cet ouvrage qui restera comme un précieux souvenir de l'Exposition de 1900, et trouvera sa place dans toutes les bibliothèques d'Ingénieurs.

La maison Dunod n'a rien négligé pour assurer, pour sa part, le succès de l'ouvrage par une exécution de premier ordre.

A. MALLET.

IIIe SECTION

Cours d'exploitation des mines, par Alfred HABETS, Professeur à la Faculté technique de l'Université de Liège (Écoles spéciales des Arts et Manufactures et des Mines) (1).

Les nombreux Ingénieurs qui se consacrent aux questions minières attendaient impatiemment l'apparition du Cours d'Exploitation des mines, que M. Alfred Habets professe à Liège, depuis de longues années, avec autant d'autorité que de distinction.

Cet ouvrage vient de paraître; il n'a pas trompé leur attente. Le Cours d'Exploitation des mines de l'École spéciale des Arts et Manufactures et des Mines, rattachée à la Faculté technique de l'Université de Liège, est la base même de l'enseignement minier de cet important établissement, qui a fourni à son pays toute une phalange d'hommes éminents parmi lesquels se recrute le Corps des mines de Belgique.

(1) Un vol. in-8° de 250 × 160 de x-590 p., avec 445 fig., 1902 (tome I). — Paris, H. Le Soudier, 174, boulevard Saint-Germain; Liège, 55, rue des Champs.

Professé par un homme intimement mêlé à la vie des mines et dont l'activité a su se répandre au dehors de la façon la plus utile, ce cours, au moment où il paraît, doit attirer, à juste titre, l'attention de tous les spécialistes.

Sa première partie comprend deux sections : l'une est consacrée à l'étude des *Excavations souterraines* et à celle des *Travaux d'art* qui en dérivent. L'autre est relative au *Transport* et à l'*Extraction*, toutes matières qui font l'objet du programme des cours de première année à l'École des Mines de Liège. Ces questions sont, en effet, traitées avant toutes autres devant les élèves, afin de leur permettre d'en tirer immédiatement profit dans leurs visites des installations minières groupées autour de leur centre d'enseignement.

La seconde partie du cours, qui paraîtra dans quelques mois, comprendra les *Recherches minières* et l'*Exploitation* proprement dite, l'*Administration*, l'*Épuisement*, la *Translation* du personnel, les *Manutentions* des produits au jour, l'*Aérage*, l'*Éclairage* et le *Sauvetage*.

Si nous entrons plus avant dans l'exposé des divers chapitres du Cours d'Exploitation des mines de M. Habets, nous y trouvons, dans la première section, consacrée aux *Excavations souterraines* et aux *Travaux d'art*, la description de l'outillage des mines, puis une étude complète des explosifs, basée sur les théories les plus récentes, accompagnée des calculs des températures de détonation et suivie de l'examen des procédés d'expérimentation de la sécurité des explosifs au point de vue de l'inflammation des milieux dans lesquels ils sont utilisés.

L'emploi des explosifs est décrit ensuite. Il contient un exposé étendu des moyens de forage des roches; on y trouve la description des nombreux types de perforatrices à bras, principalement de celles en usage dans le bassin franco-belge; l'étude qui suit de la perforation mécanique est précédée de celle du transport de l'énergie, qui vient si utilement en aide au travail souterrain. La description des perforatrices mécaniques ne s'étend pas seulement aux nombreux appareils qui ont reçu, depuis longtemps, la sanction de la pratique, elle comprend, en outre, celle des appareils créés avec succès, dans ces dernières années, en Europe et surtout aux États-Unis. Des considérations économiques importantes, concernant la vitesse d'avancement, la consommation d'air comprimé, l'entretien du matériel, servent de conclusions à cette étude des appareils à percussion.

La description des perforatrices à rotation et des nombreux affûts de perforatrices, répondant aux besoins si variés des exploitants, complète ce magistral exposé du forage mécanique.

Les moyens de chargement, de bourrage, les procédés d'amorçage, en y comprenant le choix des exploseurs et des amorces, conduisent à l'examen de l'organisation du travail de perforation mécanique, considéré dans son ensemble, chapitre dans lequel l'auteur présente de substantielles considérations sur les résultats obtenus dans l'emploi de la perforation.

La suppression des explosifs, sujet toujours à l'ordre du jour dans les mines grisouteuses, est traitée à l'occasion de l'étude des procédés d'abatage sans explosifs : elle comprend les machines à fissurer les

roches, bosseyeuses, brise-roches, machines à rainure, haveuses de types variés, si répandues en Amérique, mortaiseuses et fil hélicoïdal, employé dans quelques carrières et ardoisières, enfin les machines découpant les roches sur de grandes surfaces, du genre Beaumont, cet appareil qui fut appliqué au creusement de la galerie-amorce du tunnel sous la Manche, et les engins, comme les trépans, utilisés pour le fonçage des puits par le procédé à niveau plein.

Les moyens de soutènement des excavations obtenues et, tout d'abord, des galeries, avaient leur place marquée après les chapitres précédents : boisages divers, formes et assemblage, choix des essences et qualités requises des bois de soutènement, conservation des bois. blindages métalliques, muraillements appropriés aux excavations, soutènement enfin des galeries percées en terrains ébouleux ; leur exposé conduit à l'exécution des tunnels, dont l'étude est complétée par une description, pleine d'intérêt, des boucliers employés dans les travaux de percement des tunnels, qui ont été effectués, récemment, tant en France qu'à l'étranger.

L'exposé des procédés de fonçage des puits constitue une monographie très complète de cette importante question. Une place très notable y est consacrée à l'examen des formes des puits, de leurs divisions, des soutènements divers dont ils sont l'objet et, notamment, aux procédés en usage pour obtenir le maximum de sécurité dans le fonçage et le muraillement simultanés ; les cuvelages en bois et, particulièrement, les cuvelages métalliques, leurs calculs, leur construction, leur entretien et leur réparation, sont l'objet de pages utiles à consulter. Enfin, M. Habets a clos la section des travaux d'art par une étude des plus remarquables des procédés de creusement des puits dans les terrains ébouleux et aquifères, qui montre combien il a suivi de près les travaux exécutés, au cours de ces dernières années, tant en France, qu'en Belgique et en Allemagne. Cette étude des procédés récemment appliqués fait grand honneur à la méthode d'exposition et à la clarté de l'enseignement de l'auteur.

L'établissement des serrements et plates-cuves, les détails de leur construction, de leur forme et leurs calculs terminent la première section.

La section II concerne le *Transport* et l'*Extraction* qui, comme le fait justement observer M. Habets, tendent à se confondre de plus en plus, en raison du développement croissant des transports mécaniques sur voies inclinées ; l'étude du *Transport* renferme, à côté du rappel des principes théoriques indispensables à connaître, la description des nombreux types de voies de mines, celle du matériel roulant, répondant aux besoins si variés des roulages souterrains, et, enfin, celle de la traction mécanique par locomotives : à vapeur sans foyer, à air comprimé, à benzine, et électriques diverses. Les transports mécaniques par chaînes et câbles sans fin, soit flottants, soit traînants, par câbles de retour (tail-rope) et, enfin, les transports extérieurs, comprenant les chemins de fer aériens, à câble unique et à double câble, ainsi que les plans inclinés, font l'objet d'une description très développée, suivie de l'examen des conditions de sécurité des transports dans les plans.

Par une transition insensible, l'étude des transports mène le lec-

teur à la translation dans le plan vertical, c'est-à-dire à l'*Extraction*, qui débute par l'exposé des modes d'établissement des guidages en bois ou en rails ; l'auteur passe ensuite en revue l'organisation des recettes, tant au jour qu'au fond, leur service, l'encagement et le décagement automatiques, la signalisation et la fermeture des recettes. Vient, après la description des câbles végétaux et des câbles métalliques, de leurs formes, de leur construction et de leur mode de fixation. L'exposé des calculs des câbles à profils divers, de leur équilibre et, enfin, l'étude des appareils d'enroulement : bobines et tambours, châssis à molettes et moteurs d'extraction divers, conduisent à l'examen de l'emploi de la détente variable dans les machines d'extraction, de la condensation, des machines compound et à une description des applications récentes des moteurs électriques pour l'extraction. Cette section prend fin avec l'étude cription du procédé de l'extraction pneumatique.

On voit, par ce résumé, qui ne peut être qu'une énumération sommaire, l'importance de l'œuvre entreprise par M. Alfred Habets. Il faut lui être reconnaissant d'avoir, en écrivant son cours, permis à tous de profiter du fruit d'une longue expérience, hautement appréciée par ceux qui le connaissent, et d'avoir, de la sorte, élargi le cadre de son enseignement, en appelant chacun à en bénéficier.

H. C.

Combustibles industriels, par F. Colomer et Ch. Lordier.

Cet ouvrage examine successivement les différentes sortes de combustibles.

Dans une première partie, qui étudie la houille, les auteurs en donnent d'abord les différentes classifications scientifiques. Puis un chapitre sur la question chimique nous fait voir les diverses méthodes d'essai. Ensuite le triage et le lavage de la houille, rendus de plus en plus nécessaires par la concurrence et les exigences croissantes des consommateurs, sont rapportés avec tous les appareils variés qui ont été imaginés récemment pour cet usage. Un chapitre spécial, qui sera de la plus grande utilité à tous ceux qui utilisent la houille, examine ce minéral au point de vue industriel, en nous donnant d'abord les appellations commerciales usuelles et la répartition des différentes qualités de houille dans les bassins houillers, puis en examinant la question importante de l'achat et de l'emmagasinage. Dans deux chapitres suivants les auteurs nous donnent une étude très complète de l'emploi de la houille dans les foyers ordinaires et spéciaux, et en comparant entre eux les différents appareils que les Ingénieurs ont inventés depuis peu, non seulement pour réduire la consommation, mais encore pour utiliser des qualités qui, jusqu'à présent, étaient jetées comme déchet.

Dans la deuxième partie, le pétrole est étudié avec le même soin et avec le même souci d'être complet. Après une partie scientifique, les emplois du pétrole et les brûleurs divers sont présentés au lecteur avec les plus grands détails.

Dans la troisième partie, les combustibles de second ordre, mais d'un avenir prochain (tout au moins pour la tourbe) lignite, tourbe, bois, charbon de bois, font l'objet chacun d'une étude spéciale.

La quatrième partie traite des agglomérés et de l'outillage et l'installation des usines qui les fabriquent.

Enfin, la cinquième partie traite du coke avec une théorie très bien présentée sur la classification, en présentant les divers modèles de fours à coke, avec ou sans récupération des sous-produits et en donnant même des renseignements complets sur l'installation et le prix de revient d'une usine de carbonisation.

Cet ouvrage nous paraît destiné à rendre les plus grands services, non seulement à ceux qui emploient des combustibles (et ils sont légion) qui y trouveront des données de nature à leur permettre de réduire probablement de beaucoup leur consommation, soit par une meilleure utilisation des produits qu'ils emploient, soit en leur en faisant adopter une autre plus économique; mais encore les producteurs de combustible y trouveront eux-mêmes des détails intéressants, non seulement sur ce que font leurs concurrents, mais surtout sur les besoins du consommateur auxquels ils doivent se plier, pour satisfaire ses exigences de jour en jour plus grandes.

Cet ouvrage nous paraît donc appelé à un usage journalier des industriels quels qu'ils soient, et nous félicitons vivement ses auteurs de l'étude très complète et très poussée qu'ils ont faite du pain de l'industrie.

A. de Gennes.

Ve SECTION

Cours d'électricité théorique et pratique, par C. Sarazin, Agrégé des sciences physiques, Docteur en médecine, Professeur à l'École nationale d'Arts et Métiers d'Angers, Professeur de physique à l'École de Médecine et de Pharmacie (1).

L'auteur s'est appliqué à présenter les théories électrotechniques au point de vue moderne de la transformation et du transport de l'énergie, tout en partant des expériences et notions pouvant paraître plus concrètes à des lecteurs n'ayant pas été rompus aux études spéciales mathématiques.

Ce livre n'est donc pas destiné à présenter les démonstrations diverses sous une forme d'une généralité rigoureuse (point de vue qui serait celui d'un ouvrage purement scientifique), mais à amener le lecteur à posséder, sur l'électricité, des idées justes en ne passant que par des notions aussi concrètes et aussi simples que possible.

Le calcul différentiel, dont l'emploi est imposé par la nature même des phénomènes électriques, principalement des phénomènes d'induction, a été employé très sobrement.

L'auteur a énoncé sans démonstration les propriétés qui ne sont établies qu'au prix de considérations un peu compliquées.

(1) Un vol. in-8° 280 × 190 de xvi-752 pages avec 705 figures. — Paris, E. Bernard et Cie, éditeurs, 1903. Prix, broché : 20 francs.

Il débute par l'exposé des premiers phénomènes expérimentaux de l'électrostatique, il établit les propriétés de la fonction potentielle et, après une description rapide des machines électrostatiques, définit la capacité et l'énergie d'un condensateur.

Viennent ensuite l'exposé des phénomènes du magnétisme, la définition du champ magnétique, du moment magnétique et de l'intensité d'aimantation d'un barreau aimanté, de la susceptibilité et de la perméabilité magnétique, de l'hystérésis, de la déclinaison et de l'inclinaison magnétiques terrestres.

Puis la notion conventionnelle du courant électrique, avec les lois qui régissent ce phénomène (lois d'Ohm, de Kirchoff et de Joule), la description des phénomènes de l'électrolyse, la constitution sommaire des piles et leur emploi, les propriétés et une description des principaux types d'accumulateurs.

Suivent les lois de l'électromagnétisme et de l'électrodynamique (lois de Laplace et d'Ampère), l'exposé des propriétés des solénoïdes, des circuits magnétiques (flux, réluctance, force magnéto-motrice, cycles d'hystérésis et pertes d'énergie, et les lois de l'induction avec leurs conséquences sur le régime des courants alternatifs).

Enfin, les mesures et les appareils de mesures sont traités avec un soin et des développements particuliers.

L'auteur passe aux dynamos à courant continu et à leurs propriétés principales, puis aux courants alternatifs; il donne le principe des tracés par vecteurs, montre les effets de la self-induction et de la capacité dans un circuit, indique les avantages des courants polyphasés et expose rapidement les principales dispositions et propriétés des alternateurs.

Viennent ensuite les principes qui régissent l'établissement des canalisations, le couplage des dynamos et des alternateurs, ainsi que les différents modes de distribution, les propriétés des transformateurs, sans théorie de ces derniers appareils; puis le principe des appareils d'éclairage, lampes à arc et leur montage, lampes à incandescence, avec indication des chiffres pratiques de leur emploi.

Les moteurs à courant continu en série ou en dérivation et compound sont examinés ainsi que les moteurs synchrones et d'induction dont les principales propriétés sont énoncées sans théorie.

Enfin, l'auteur décrit les principaux systèmes de traction électriques et les grandes lignes d'un certain nombre d'appareils de télégraphie et de téléphonie, d'électrothermie et d'électrochimie.

En résumé, cet ouvrage est bien compris pour donner, sur les principes de la science électrique, des notions nettes et suffisamment étendues, sans nécessiter des études mathématiques spéciales. Les parties les plus développées sont celles relatives aux principes fondamentaux, notamment en ce qui concerne le courant continu.

Les chapitres relatifs aux applications pour la production, le transport et l'utilisation de l'énergie (dynamos, alternateurs, moteurs, etc.), préparent bien à la lecture d'ouvrages plus complets sur ces questions.

On ajoutera que l'impression a été particulièrement soignée pour la clarté de l'impression ce qui, dans un ouvrage technique est très appréciable pour le lecteur.

M. Pelletier.

Électricité industrielle (1), par M. D. Monnier.

Bien que ce volume soit annoncé par l'auteur comme une deuxième édition du Traité d'électricité industrielle publié en 1889, dans la collection de l'Encyclopédie Lechalas, il s'agit, en réalité, d'un ouvrage nouveau dont le plan est celui du cours professé par M. Monnier à l'École Centrale.

Le résumé suivant de la table des matières indique, par l'ordre des sujets étudiés, les grandes lignes de ce plan :

Équivalence des différentes formes de l'énergie ;
Actions magnétiques, actions électro-magnétiques ;
Induction électro-magnétique, dynamos à courant continu ;
Inducteurs, enroulement de l'induit ;
Éléments de construction des induits ;
Théorie des dynamos à courant continu ; caractéristiques ;
Régulation et couplage des dynamos à courant continu ;
Moteurs électriques à courant continu ;
Mesure du rendement des dynamos ;
Étude d'un projet de dynamo à courant continu ;
Théorie des courants alternatifs, alternateurs ;
Étude du fonctionnement des alternateurs ;
Transformateurs à courants alternatifs ;
Étude des transformateurs à courants alternatifs ;
Moteurs synchrones à courants alternatifs ;
Moteurs asynchrones ;
Transformation des courants alternatifs en courant continu.

Chacun de ces sujets est exposé avec la plus grande clarté et l'ordre didactique de l'ensemble a été particulièrement soigné.

Les questions s'enchainent de façon que l'intérêt est toujours soutenu. Si l'exposé d'une théorie nécessite de longs développements, il est coupé par une partie descriptive illustrée de nombreuses figures.

Ainsi, par exemple, l'étude de l'induction électro-magnétique est immédiatement suivie de la description des dynamos à courant continu et de l'examen détaillé de leurs organes. La théorie de ces machines vient ensuite, directement issue des principes de l'induction et immédiatement appliquée aux machines décrites.

L'étude des courants alternatifs est traitée avec le même souci d'exactitude et de clarté ; les dispositifs les plus récents ont seuls été exposés.

L'ouvrage de M. Monnier parait être, de tous les Traités analogues, le mieux mis au point à l'heure actuelle ; les Ingénieurs non spécialistes pourront en aborder l'étude avec fruit, et y trouveront les renseignements les plus utiles concernant la production et la transformation du courant électrique.

(1) Un volume in-8°, 255 × 165 de 827 p. avec 404 fig. (2° édition). Paris, E. Bernard et Cie, 1903. Prix broché : 25 *f*.

Leçons sur les méthodes de mesures industrielles des courants continus (1), par M. L. Marchis, Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

Ces leçons ont été professées, pendant l'année scolaire 1901-1902, au cours d'Électricité industrielle annexé à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

La série des leçons de cette nature a été inaugurée, il y a plus de dix ans, à la Faculté de Grenoble, avec le plus grand succès, par M. Janet, actuellement professeur à la Faculté des Sciences de Paris. MM. Perrot à Marseille, Pionchon à Grenoble, Weiss à Lyon et Marchis à Bordeaux, ont été chargés du même enseignement, et leurs leçons furent suivies avec empressement.

Les leçons que M. Marchis vient de publier, concernent uniquement le courant continu. Elles ne contiennent pas seulement l'exposé des seules méthodes de mesure, comme son titre semblerait l'indiquer. On y trouve au commencement un rappel assez développé des théories de l'électro-magnétisme et, à la fin, une description détaillée des dynamos, de leurs enroulements et des essais auxquels donne lieu la détermination du rendement. Parmi ces essais, nous n'avons pas trouvé l'indication de la méthode d'opposition de Hopkinson et de ses dérivés; cette méthode a de telles qualités et est si répandue que, même dans un cours élémentaire, il est impossible de la passer sous silence.

L'ensemble de ces leçons se présente sous une forme simple et facilement accessible.

(1) Un volume in-8°, 255 × 200 de 535-24-VIII p. autographiées avec nombreuses figures. Paris, V[ve] Ch. Dunod, 1902. Prix broché : 16 *f*.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LA CHRONIQUE DU 2e SEMESTRE, ANNÉE 1902

(Bulletins de juillet à décembre.)

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE DEUXIÈME SEMESTRE, ANNÉE 1902

(Bulletins de juillet à décembre)

ADMISSION DE NOUVEAUX MEMBRES

AVIATION

BIBLIOGRAPHIE

CHAUFFAGE

CHIMIE INDUSTRIELLE

CHRONIQUE

Voir la *Table des matières spéciales.*

COMPTES RENDUS

CONCOURS

CONGRÈS

DÉCÈS

DÉCORATIONS FRANÇAISES

DÉCORATIONS ÉTRANGÈRES

Grand-Croix de Saint-Stanislas de Russie : M. E.-L. Bertin.

Commandeurs d'Isabelle la Catholique : MM. L. Coiseau, F. Allard, A. Couvreux.

Commandeur d'Alphonse XII d'Espagne : M. A. Combet de Larenne.

Officiers de Saint-Jacques de Portugal : MM. Ch. Lucas, G.-L. Pesce.

Chevalier de François-Joseph d'Autriche : M. J.-G. Hardy.

Chevalier de Léopold de Belgique : M. E. Cacheux.

Commandeur du Medjidieh : M. R. Abt.

Officiers du Nicham-Iftikar : MM. Ch. Michel, G.-H. de Vésine-Larue.

Commandeur du Dragon d'Annam : M. Ch. Hazelaire.

Brevet du Kim-Khanh de 2e classe (Annam) : M. M. Laferté.

DIVERS

DONS ET LEGS

ÉCLAIRAGE

ÉLECTRICITÉ

EXPOSITIONS

GÉNÉRATEURS ET MACHINES A VAPEUR

HYGIÈNE

MÉCANIQUE

MÉTALLURGIE

MINES

NAVIGATION

NÉCROLOGIE

NOMINATIONS

OUVRAGES, MÉMOIRES ET MANUSCRITS REÇUS

PLANCHES

PRIX ET RÉCOMPENSES

TRAVAUX PUBLICS

TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR

NOMS D'AUTEURS

DES MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LE 2e SEMESTRE, ANNÉE 1902.

(Bulletins de juillet à décembre.)

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 2-1-03. — (Encre Lorilleux).

Pl. 44.

'ig. 'upe